

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales



*Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero
en Ciencias Informáticas*

**Sistema de Información Geográfica para la reducción de daños por
Eventos Sísmicos en Cuba**

Autores:

Lenia Pérez Rodríguez

Rolyen Aguilar Alonso

Tutores:

Ing. Laritza Asán Caballero

Consultantes:

MSc. Daniel Echevarría González

MSc. Yuniel E. Proenza Arias

Ing. Alejandro O. Hernández Cebrian

“La Habana, mayo de 2017”

Año 59 de la Revolución



"Se pueden adquirir conocimientos y conciencia a lo largo de toda la vida, pero jamás en ninguna otra época de su existencia una persona volverá a tener la pureza y el desinterés con que, siendo joven, se enfrenta a la vida".

Fidel Castro Ruz

Declaración de Autoría

Declaramos ser autores del presente trabajo de diploma y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Autores: _____

Lenia Pérez Rodríguez

Rolyen Aguilar Alonso

Ing. Laritza Asán Caballero

Datos de Contacto

Tutor: Ing. Laritza Asán Caballero

Graduada en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el 2013. Actualmente pertenece al Centro de Geoinformática y Señales Digitales. Departamento de Integración de Soluciones de la LPS Aplicativos SIG.

Email: lasan@uci.cu

Consultante: MSc. Daniel Echevarría González.

Graduado en la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana. Master en Ciencias en la Facultad de Geografía de la U/H en el año 1998. Profesor Asistente en el año 2012. Actualmente se desempeña como especialista de la LPS Aplicativos SIG.

Email: danielec@uci.cu

Consultante: Ing. Alejandro O. Hernández Cebrian.

Graduado en la Universidad de las Ciencias Informáticas en el 2009. Actualmente se desempeña como Líder del grupo de Base de Datos Espaciales de la LPS Aplicativos SIG.

Email: aohernandez@uci.cu

Autor: Lenia Pérez Rodríguez

Correo electrónico: lprodriguez@estudiantes.uci.cu

Autor: Rolyen Aguilar Alonso

Correo electrónico: raalonso@estudiatas.uci.cu

Dedicatoria Lenia

A mis padres Zenia y Reynaldo por su ejemplo y amor constantes.

A mi abuela Diosdada que desde el cielo guía mis pasos.

A mi abuelo Miguel por ser el guía de la hermosa familia que me vio nacer.

A mi prima Tania por ser mi guía en la universidad y en la vida.

A mi tía Ramona y mi tío Juan Carlos por quererme como una hija más.

A mi novio Yadrían por su paciencia y amor constante.

A mi Amigo y compañero de tesis Rolyen por ser todo para mí en esta universidad.

A todos muchísimas gracias.

Dedicatoria Rolyen

A mi padre, que, sé que estaría orgulloso del hombre que hoy soy y de todo lo que he logrado en esta vida...

A mis tres reinas, mi madre, mi hermana y mi abuela Nere, que han estado presente en cada fase de mi vida, de las cuales soy su caballero, y dedico cada triunfo y cada paso que doy....

A mi tío "Rey", que fue mi "padre" y amigo cuando me hizo falta, y el primero en apoyarme desde que me llegó la carrera hasta su último día...

A toda la familia, que no se han apartado de mi lado y me han dado su apoyo incondicional cada día y en cada paso que doy...

A mis amigos, que en estos cinco años hemos soportado y sobrevivido a todas esas pesadeces y discusiones que entablábamos cada vez que no había nada que hacer o cuando simplemente queríamos mortificar a alguien....

A mi compañero de cuarto, que ha sido mi hermano desde que nos conocimos en esta universidad, y a su madre que me acogió como un hijo más...

A mi novia, que me ha apoyado todo este año y ha estado a mi lado soportando mis pesadeces...

A mi compañera de tesis, que no podré olvidar jamás, desde que nos conocimos en la universidad, me ha brindado su amistad incondicional y siempre podrá contar conmigo, mi amistad y mi apoyo donde quiera que estemos...

A todos muchísimas gracias...

Agradecimientos Lenia

*A mis padres **Zenia** y **Reynaldo** los verdaderos tesoros de mi vida, a los cuales debo todo y dedico cada logro. Por creer en mí siempre, por apoyarme en esos momentos difíciles que nos sorprenden en la vida, por amarme tanto y principalmente por el amor que nunca faltó en casa.*

*A mi abuela **Diosdada** que desde el cielo cuida cada uno de mis pasos y es mi ángel protector, a la cual debo una madre excepcional y una familia tan hermosa. Yo siempre seré tu Nene Mima.*

*A mi abuelo **Miguel** que ha sido el guía de mi familia y nos ha sabido inculcar todo el amor que hoy nos une. Gracias Papi por ser nuestro rey.*

*A mi prima **Tania** que es mi ejemplo y guía en la universidad y en la vida, por todo el amor en este tiempo y el cariño de siempre. Por todos sus consejos de madre dedicada, por demostrarme que nada es imposible cuando luchas con todo por lograrlo porque rendirse no es una opción.*

*A mi tía **Ramona** y mi tío **Juan Carlos** que me dieron amor como a una hija, a los cuales debo su cariño y apoyo incondicional, por ser personas tan maravillosas que dan aliento a mi vida y a mis metas...Muchas gracias*

*A mi familia que es mi mayor motivación, en especial a mis tías **Yunía, Zory y Crusy** y mi prima **Zonia** que son mis "hadas madrinas" y me dieron siempre la fuerza que necesitaba para seguir adelante.*

*A mi novio **Yadrian**, mi mole, que ha sido mi fuerza cada día y me ha apoyado en cada difícil decisión. Por tanta paciencia conmigo y con mi carácter, por siempre estar ahí para tu Blanca a pesar de la dura distancia y de los obstáculos de estos 5 años...Muchas gracias*

Agradecimientos

*A mi mejor amigo y compañero de tesis **Rofy** por todo su tiempo, dedicación y amistad verdadera todos estos años de universidad, sin el cual el camino hubiese sido mucho más difícil. Por hacer de mí una mejor persona en todos los aspectos ver en mí lo mejor... Muchas gracias.*

*A mis compañeras de apartamento durante estos 5 años y a **Lízsandra** y **Alíuska** que apoyan cada idea loca que se me ocurre. Por ser las Amigas que nunca me planifiqué, por permitirme ser parte de sus vidas y por aportar tanto a la mía... Muchas gracias.*

*A los profesores que me aportaron tanto profesional como personalmente a lo largo de la carrera, en especial a **Enier** por su Ingeniería Perfecta y al profe **Dayron** por su entrega total. A todos ellos mi respeto y admiración.*

*A los Ingenieros del proyecto que tanto nos sacaron de apuros y se preocuparon por nosotros en todo del desarrollo de la investigación. En especial a nuestros tutores **Larítza**, **Alejandro** y **Daniel** por asumir la responsabilidad de soportarnos todos los días con nuestro estrés y por todos sus consejos.*

A los integrantes del tribunal y al oponente por todo el apoyo y el tiempo dedicado para que el resultado fuese con la calidad necesaria.

*A todos los buenos amigos que conocí en la universidad en especial a mis chicos del escuadrón: **Osmín**, **Yunior**, **Rubert**, **Karel**, que cuidaron tanto de mí todo este tiempo y me permitieron ser la única fémina de su selecto grupo. A todos esos que han hecho de mí una mejor persona, que hoy son parte importante de este logro y de los hermosos recuerdos que pronto llamaremos con nostalgia "Buenos tiempos".*

*A mi **UCI** por darme la oportunidad de formarme como profesional. Por estos cinco años que serán inolvidables, por aportarme tanto a mi vida personal y regalarme los mejores amigos que podía desear... Muchas gracias.*

Agradecimientos Rolyen

A mis tres reinas, mi madre, mi hermana y abuela, que no hay un solo día que no las tenga presente, y a las que dedico cada paso que doy y cada triunfo que obtengo. Son ellas las que me han enseñado que, no hay otro camino que no sea el de seguir hacia adelante y son las principales responsables del hombre que soy.

A mi tío Rey, que, aunque gaste mil hojas de agradecimientos, nunca sería proporcional a lo agradecido que estoy de haber contado con un “padre” y amigo fusionados en una sola persona. Siempre estuvo pendiente de mí, preparándose para la vida, quien me dio la noticia de que me había llegado la carrera, con la frase... ”venga chamaco, a ver si te haces hombrecito en La Habana” ..., y movilizó toda la familia cuando tuve que entrar a la universidad...

A mi tío Berto, de quien siempre voy a estar agradecido. A pesar de sus problemas, se mantuvo siempre al tanto de, qué me hacía falta, sin importar lo que fuese....

A todos los demás miembros de la familia, todos y cada uno de ellos, han estado pendiente de mí y de mi paso por la universidad...

A mis amigos, que nos hemos convertido en una familia en esta escuela, no hay momento en el que no estemos jodiendo y riendo, o sacando algún tema de conversación para hacer el día un poco más ameno, sin contar con las maldades y pesadeces que nos hacemos unos a otros, o unos a otro. Nunca les podré decir adiós, aunque algunos hayan tomado otro camino, y el resto, ya se está acercando el momento en el que cada cual coja por su lado y siga por su propio camino...

A mi compañero de cuarto, a quien solo puedo describir como “mi hermano”, desde que nos conocimos en la universidad...

A Barbarita, que me acogió como un hijo más, se ha preocupado por mí como una madre...

Agradecimientos

A mi novia, que ha sido lo más bonito que me ha pasado en este último año en la universidad, y me ha brindado todo su apoyo y amor incondicional...

A mi compañera de tesis, cómo puedo olvidar a la persona más linda que pude haber conocido en esta escuela, quien me ofreció su amistad incondicional, con la que he compartido buenos y malos momentos y la que ha soportado mis pesadeces todos estos años. Además, no creo haber podido realizar todo este trabajo de no ser por su apoyo, por lo que donde quiera que estemos, puede contar conmigo para lo que sea...

A todos los que de alguna manera u otra se han preocupado por nosotros, no menciono nombres porque son tantos que puedo olvidar alguno y no sería justo al intentar ser agradecido...

*A los desarrolladores de GeneSIG, **Ernesto Camilo** y **Camilo** que me enseñaron y dedicaron parte de su tiempo para el trabajo con la herramienta...*

*A los tutores **Daniel**, **Laritza** y **Alejandro** por apoyarnos y ayudarnos durante todo el desarrollo del trabajo. No existen palabras para expresar el grado de gratitud que sentimos hacia ellos...*

*Al **tribunal** y al **oponente**, por darnos los consejos y recomendaciones para que este trabajo tuviera la calidad requerida...*

A todos, muchas gracias...

Resumen

Como resultado de la ocurrencia de un sismo se producen disímiles afectaciones, que impactan negativamente en la sociedad y el medio ambiente. Para minimizarlas, en Cuba existen diferentes entidades encargadas de estudiar, gestionar y analizar estos desastres naturales y su impacto, haciendo uso de los datos asociados a los mismos. Debido al gran volumen de información que se genera, se hace difícil su gestión y manipulación por parte de los especialistas, provocando que las medidas derivadas de este proceso no se transmitan con la prontitud requerida. Tampoco se aprovecha el componente espacial presente en dicha información, para la contribución en la toma de decisiones ante la ocurrencia de estos desastres. En este aspecto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), juegan un papel primordial por sus enormes posibilidades y potencialidades en cuanto a la representación de información georeferenciada. La presente investigación expone los resultados de los procesos de análisis, diseño, implementación y pruebas de un sistema de información geográfica que contribuya a la de toma de decisiones en la reducción de daños por eventos sísmicos en Cuba, a través de la representación y análisis espacial, de la información asociada a los eventos sismológicos que se producen en el país.

Palabras clave: análisis espacial, información geográfica, sismo, zona

Abstract

As result of the occurrence of an earthquake, there are different effects, which have a negative impact on people and the environment. To minimize them, in Cuba there are different entities in charge of studying, managing and analyzing these natural disasters and their impact, making use of associated data with them. Due to the large volume of information generated, it is difficult to manage and manipulate by the specialists, causing that the measures derived from this process are not transmitted with the promptness required. Neither is the space component present in this information used for the contribution to decision making in the occurrence of these disasters. In this respect, Geographic Information Systems (GIS) play a major role because of their enormous possibilities and potentialities in the representation of georeferenced information. The present investigation represents the results of the processes of analysis, design, implementation and testing of a geographic information system, that contributes to decision making in the reduction of damages by seismic events in Cuba, through spatial representation and analysis, of the information associated to the seismological events that occur in the country.

Keywords: spatial analysis, geographic information, earthquake, zone

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: DISEÑO TEÓRICO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.2 CONCEPTOS ASOCIADOS AL DOMINIO DEL PROBLEMA	6
1.3 CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	10
1.3.1 Sistema de Información Geográfica	10
1.3.1 Componentes Fundamentales de los SIG	11
1.4 ANÁLISIS DE SOLUCIONES EXISTENTES	13
1.5 HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS A UTILIZAR PARA DAR SOLUCIÓN AL PROBLEMA	16
1.5.1 Metodología de desarrollo	16
1.5.2 Plataforma GeneSIG 2.0	18
1.5.3 Lenguaje de Modelado UML 2.1	19
1.5.4 Herramienta CASE: Visual Paradigm for UML 8.0	20
1.5.5 Sistema Gestor de Base de Datos: PostgreSQL9.3	20
1.5.6 PostGIS: la extensión geográfica del gestor seleccionado	21
1.5.7 PGAdmin III para el manejo de PostgreSQL	21
1.5.8 Apache 2.4.7 como Servidor de aplicaciones	22
1.5.9 MapServer 6.4 como Servidor de mapas	22
1.5.10 PHP 5 5.9 como Lenguaje de programación del lado del servidor	22
1.5.11 JavaScript como Lenguajes de programación del lado del cliente	22
1.5.12 ExtJS 3.4 para el manejo de JavaScript	23
1.5.13 NetBeans 8.2 como Entorno de Desarrollo Integrado (IDE)	23
1.6 CONCLUSIONES PARCIALES	24
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.	25
2.1 INTRODUCCIÓN	25
2.2 REQUISITOS DE SOFTWARE	25

2.2.1	Requisitos Funcionales.....	25
2.2.2	Requisitos no Funcionales.....	30
2.3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	32
2.3.1	Descripción de los actores que interactúan con el sistema	32
2.3.2	Descripción de los Requisitos Funcionales	32
2.4	ARQUITECTURA DE SOFTWARE.....	37
2.4.1	Patrones arquitectónicos	37
2.5	MODELO DE DISEÑO	38
2.5.1	Patrones de diseño.....	41
2.6	MODELO DE DATOS	44
2.7	CONCLUSIONES PARCIALES	45
CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS A LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....		46
3.1	INTRODUCCIÓN	46
3.2	MODELO DE IMPLEMENTACIÓN	46
3.2.1	Diagrama de componentes.....	46
3.3	MODELO DE DESPLIEGUE.....	47
3.4	PRUEBAS.....	48
3.4.1	Pruebas de caja negra.....	48
3.4.2	Diseños de Casos de Prueba	49
3.4.3	Resultados de las pruebas de caja negra realizadas.....	51
3.5	CONCLUSIONES PARCIALES	53
CONCLUSIONES GENERALES		54
RECOMENDACIONES.....		55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		56
ANEXOS		60
ANEXO 1: ESCALA DE INTENSIDAD DE LOS SISMOS (ESCALA DE RICHTER).....		60

ANEXO 2: SISMOS HISTÓRICOS REPORTADOS EN CUBA.....	60
ANEXO 3: ESTACIONES DEL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL.....	61
ANEXO 4: MAGNITUDES DE LA ESCALA DE RICHTER Y SU EQUIVALENTE EN ENERGÍA LIBERADA.....	62

FIGURA 1. VISTA DEL SISTEMA HAZUS-MH	15
FIGURA 2. DIAGRAMA DE CLASES DEL DISEÑO GESTIONAR ZONA DE INTERÉS	39
FIGURA 3. CLASE AJAXHELPER	41
FIGURA 4. CLASE SERVERCONTEX.....	42
FIGURA 5. CLASE CLIENTGZONA.	43
FIGURA 6. CLASE SERVERGZONA.....	43
FIGURA 7. CLASE PLUGINMANAGER.	44
FIGURA 8. MODELO ENTIDAD-RELACIÓN.	45
FIGURA 9. DIAGRAMA DE COMPONENTES CORRESPONDIENTE A GESTIONAR ZONA DE INTERÉS.	47
FIGURA 10. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE.	47
FIGURA 11. SECCIÓN ELIMINAR ZONA DE INTERÉS CORRESPONDIENTE AL CASO DE PRUEBA GESTIONAR ZONA DE INTERÉS.....	50
FIGURA 12. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CORRESPONDIENTES AL CASO DE PRUEBA GESTIONAR ZONA DE INTERÉS.....	51
FIGURA 13. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE CAJA NEGRA.	52
FIGURA14. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE UNIDAD.	53

Índice de Tablas

TABLA 1. COMPARACIÓN ENTRE AUP Y LA VARIANTE AUP-UCI	17
TABLA 2. ESCENARIOS PARA LA DISCIPLINA DE REQUISITOS	18
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DE LOS ACTORES DEL SISTEMA	32
TABLA 4. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES DEL MÓDULO ANÁLISIS	32

Introducción

Introducción

El interés del hombre por el estudio de eventos sismológicos, más que un hecho científico teórico, responde a las enormes consecuencias negativas que ocasionan a la población, a los recursos económicos y al medio ambiente. Existen antiguos registros, en los cuales se describe el impacto de las sacudidas sísmicas, tal como los percibimos hoy en día. Por su parte, data del siglo XVIII la noticia más antigua que se conoce en Cuba sobre la percepción por la población de un evento sismológico¹.

La litosfera es la capa externa que conforma la Tierra. Espacialmente, se encuentra dividida en placas, que se desplazan entre sí a una velocidad media de 1 a 2 cm al año. A causa de reajustes de las masas rocosas en las líneas de contacto, se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento. Si el esfuerzo sobrepasa la resistencia de la roca, ocurre una ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada en un punto denominado hipocentro. La energía se irradia en forma de ondas de distintas magnitudes, recibiendo el nombre de sismo o terremoto. Estos eventos no son pronosticables.

Cuba se encuentra ubicada geográficamente al sur de la placa de Norte América; limitando con la parte norte de la placa del Caribe. Por su parte, en la región sur oriental se forma la Microplaca Oriental, la cual presenta un límite divergente² en la trinchera de Caimán-Bartlett o Fosa de Bartlett³, una línea de subducción⁴ cuya estructura tectónica se encuentra activa y tiene un potencial sísmico capaz de generar eventos geológicos de magnitud 8 y menor (de acuerdo a los registros históricos ubicados en el Anexo 2 del presente documento). La importancia en la vigilancia de esta zona, está dada por las destrucciones que pueden ocasionar sismos de grandes intensidades, los que de ocurrir en un área deshabitada fuesen menos significativos que otros pequeños, que provoquen grandes destrucciones y muertes en áreas habitadas o industriales.

¹ Ocurrido en San Cristóbal de la Habana con una intensidad de 7.6 en la escala de Richter.

² Tipo de frontera entre placas en la que se separan en dirección opuesta partiendo de la frontera, debido a la emergencia de material proveniente del interior(Manto). Este tipo de fronteras forma por lo general un tipo de cordillera (dorsal) con un surco en la cima y se localizan muy comúnmente en el océano.

³ La misma forma parte de la frontera tectónica entre la placa de Norte América y la placa del Mar Caribe, formando una zona compleja de fallas transformantes.

⁴ Deslizamiento del borde de una placa de la corteza terrestre por debajo del borde de otra.

Introducción

A causa de ello, el Estado Mayor de la Defensa Civil⁵, ubicó en la ciudad de Santiago de Cuba el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAI) creado en el año 1992. El objetivo de dicho centro es contribuir a la mitigación del riesgo sísmico en la República de Cuba, mediante la realización de investigaciones sismológicas fundamentales aplicadas y la monitorización de la actividad sísmica en el territorio nacional. Además, se encarga de dirigir y operar las redes de estaciones del Sistema del Servicio Sismológico Nacional.

Dichas estaciones, distribuidas por todo el territorio nacional (Anexo 3), cuentan con varios equipos, como el sismógrafo⁶, empleado para registrar o grabar en forma continua las vibraciones del suelo en un lugar determinado. Cada una, además de la detección y el análisis de los eventos sísmicos que ocurren en el área geográfica a la que pertenece, se encarga de registrar toda la información asociada a los mismos (latitud, longitud, magnitud, intensidad), incluyendo las afectaciones provocadas en zonas cercanas al epicentro⁷. Estos datos posteriormente son enviados a las diferentes instancias del Partido, Gobierno, MINFAR y la citada Defensa Civil. (CENAI, 2012)

Actualmente, debido al abundante volumen de información que se genera en dichas estaciones, se hace difícil su gestión, análisis y manipulación por parte de los especialistas. Ello provoca, que las medidas derivadas de estos procesos no se transmitan con la prontitud requerida para reducir los efectos negativos de estos eventos. Por otro lado, no se aprovecha el componente espacial presente en dicha información, para la contribución a la toma de decisiones ante la ocurrencia de estos desastres, de manera que puedan ser definidos los riesgos y estimadas con anterioridad las afectaciones a las que pudiese estar expuesta una zona determinada, y se garantice una ágil respuesta de las autoridades de forma ordenada y prioritaria, en lugares donde se determinó que los daños podrían ser mayores, entre otras acciones devenidas del análisis geoespacial.

En este aspecto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) juegan un papel primordial, pues son una herramienta útil para el proceso de toma de decisiones por sus enormes posibilidades y potencialidades en

⁵ *La Defensa Civil es la organización del sistema de defensa civil del país, basada en la Ley No.75 de la defensa nacional y el Decreto Ley 170 del Sistema de Medidas de Defensa Civil.*

⁶ *Instrumento diseñado para detectar las vibraciones del suelo, causadas principalmente por la llegada de las ondas sísmicas.*

⁷ *Punto de la superficie terrestre situado en la vertical del foco o hipocentro de un movimiento sísmico y donde este adquiere su máxima intensidad.*

Introducción

cuanto a la representación de información georeferenciada. Según (Olaya, 2010) estos son: “...*sistemas que integran tecnología informática, personas e información geográfica y su misión principal es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos referenciados geográficamente*”. Además, pueden emplearse y adaptarse a diversos escenarios, integrando gran variedad de datos, capaces de crear una representación dinámica de una zona de estudio determinada.

Los desastres naturales constituyen una de las esferas en las que el uso de los SIG resulta relevante. En este ámbito, posibilitan combinar la información de los riesgos naturales, recursos, población e infraestructura, facilitando la determinación de áreas con menos riesgos y otras que demanden una evaluación más detallada, influyendo en la mitigación de los efectos negativos que pudiesen ocasionar y en el óptimo uso de los recursos disponibles.

Luego del análisis de la situación existente se identifica el siguiente **problema de investigación**: ¿Cómo contribuir al proceso de toma de decisiones, en la reducción de daños por eventos sísmicos en Cuba? Para dar solución al problema anteriormente planteado, se propone como **objetivo general**: desarrollar un Sistema de Información Geográfica, que contribuya al proceso de toma de decisiones en la reducción de daños por eventos sísmicos en Cuba. Identificándose como **objeto de estudio**: los Sistemas de Información Geográfica para el manejo y análisis de información referente a eventos sísmicos, enmarcada en el **campo de acción**: desarrollo de Sistemas de Información Geográfica para el manejo y análisis de información referente a eventos sísmicos en Cuba.

En la presente investigación se propone las siguientes **preguntas científicas**:

- ¿Qué referentes teórico-metodológicos, sustentan el proceso de manejo y análisis de información referente a eventos sísmicos en Cuba?
- ¿Qué características tiene el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica, que contribuyan a la toma de decisiones, en la reducción de daños por eventos sísmicos en Cuba?
- ¿Cómo organizar el proceso del desarrollo de un Sistemas de Información Geográfica, que contribuya al proceso de toma de decisiones, en la reducción de daños por eventos sísmicos en Cuba?
- ¿Cómo validar que el sistema a desarrollar, cumple con las necesidades detectadas en la problemática planteada?

Para dar solución al problema planteado se proponen las siguientes **tareas de la investigación**:

Introducción

- Elaboración del marco teórico-metodológico de la investigación.
- Análisis de las soluciones existentes, que tributan al problema de la investigación en alguna medida.
- Argumentación de las principales herramientas, tecnologías, lenguajes y metodologías a utilizar para la construcción de la propuesta de solución.
- Desarrollo del Sistema de Información Geográfica para contribuir al proceso de toma de decisiones en la reducción de daños por eventos sísmicos en Cuba.
- Validación del sistema a través de la realización de pruebas.

Una vez cumplidas de manera satisfactoria las tareas de la investigación, se esperan como posibles resultados:

- Un sistema para la representación, análisis geoespacial y gestión, de toda la información referente a los eventos sísmicos ocurridos en Cuba, para el apoyo al proceso de toma de decisiones.
- La documentación investigativa, técnica e ingenieril asociada al proceso de desarrollo del sistema.

A lo largo del proceso investigativo se utilizan una serie de **métodos científicos** los cuales se detallan a continuación:

Teóricos:

Histórico-Lógico: Este método se utiliza en la presente investigación para estudiar la evolución de los conceptos asociados a los sistemas de información geográfica, y permite la definición de términos propios. Se utiliza también para estudiar la evolución y las tendencias de las tecnologías y demás herramientas a utilizar.

Analítico-Sintético: Este método se utiliza en la investigación para la evaluación de soluciones que respondan al problema y permite realizar una valoración crítica y detallada de cada una de ellas. Se utiliza, además, para seleccionar las herramientas y tecnologías a utilizar durante el desarrollo de la herramienta.

Como técnica además se utiliza:

Análisis documental: En la presente investigación se utiliza esta técnica el análisis documental para obtener los datos necesarios de la bibliografía consultada, plasmarlos en el presente documento, a la vez que se referencian las fuentes de información para su posterior consulta.

La presente investigación se encuentra estructurada en tres capítulos:

Introducción

Capítulo 1: Fundamentación teórica metodológica de la investigación. Se enuncian los conceptos asociados al dominio del problema, se analizan las soluciones existentes hasta el momento ante problemas similares. Además, se precisan las tecnologías y herramientas a utilizar para dar solución al problema planteado, así como la metodología de desarrollo de software que se empleará para la implementación del sistema.

Capítulo 2: Análisis y diseño de la solución propuesta. Se enuncian y describen los requisitos funcionales y no funcionales y la arquitectura seleccionada, así como los respectivos modelos de diseño y de datos, correspondientes a la propuesta de solución. También se describen los patrones arquitectónicos y de diseño empleados, de acuerdo a la arquitectura seleccionada.

Capítulo 3: Implementación y pruebas a la solución propuesta. Se muestran y describen los artefactos ingenieriles relacionados con la implementación y validación del sistema a desarrollar. Entre los principales elementos se encuentran el modelo de implementación y el de despliegue, con los respectivos artefactos generados a partir de ellos. Además, se detallan las pruebas realizadas al sistema.

Capítulo 1

Capítulo 1: Diseño teórico metodológico de la investigación

1.1 Introducción

En este capítulo se describen los principales aspectos que fundamentan la representación y el análisis de la información espacial como parte del aseguramiento teórico, se caracteriza el estado actual de los SIG además de formalizarse un conjunto de definiciones, las cuales están estrechamente relacionadas con el objeto de estudio y la problemática tratada en la investigación: los Sistemas de Información Geográfica para el manejo y análisis de información referente a eventos sísmicos. Además, se valoran las soluciones existentes que aportan elementos al problema de investigación de alguna manera.

Por otra parte, se detallan las herramientas y tecnologías que se emplean en el desarrollo e implementación del sistema. Se argumenta la utilización de la metodología de desarrollo de software, lenguajes de programación, herramienta CASE, lenguaje de modelado y frameworks, conformando así la propuesta de solución de la presente investigación.

1.2 Conceptos asociados al dominio del problema

Información Geográfica

Según (Muñoz, 2010) el término Información Geográfica se refiere a cualquier información que pueda ser geográficamente referenciada, es la que describe un sitio específico o está asociada al mismo.

Por otra parte en (Rodríguez Parra, y otros, 2012) el término hace referencia a determinado tipo de información la cual posee un componente espacial definido en un sistema de coordenadas determinado. Constituye una fuente de información para el usuario con el objetivo de aumentar su conocimiento geográfico, lo cual provoca la satisfacción ante determinadas necesidades sobre el análisis de un territorio.

Los autores consideran que: Información Geográfica es un tipo determinado de información que contiene una componente espacial que puede ser georeferenciada y un componente socioeconómico que la describe.

Bases de Datos Espaciales

Capítulo 1

La Lic. Rosa María Mato García señala como una base de datos al conjunto de datos interrelacionados entre sí, almacenados con carácter más o menos permanente en la computadora. Puede considerarse una colección de datos variables en el tiempo (Mato García, 2009).

En (Rodríguez Parra, y otros, 2012) se definen como bases de datos con una componente geográfica utilizadas para modelar la información geo-referenciada procedente del mundo real de forma que pueda ser empleada por SIG, esta abstracción es lograda a partir de la representación de capas.

Los autores las consideran como un conjunto de datos interrelacionados entre sí que poseen una marcada componente geográfica.

Cartografía

La Enciclopedia Británica la define como el arte y la ciencia de representar gráficamente un área geográfica, por lo general sobre una superficie plana, como un mapa o gráfico. Puede implicar la superposición de divisiones políticas, culturales u otras no geográficas sobre la representación de un área geográfica (Britannica, 2017).

Por su parte la Asociación Cartográfica Internacional(ICA) la define como la disciplina que se ocupa de la concepción, producción, difusión y estudio de mapas. La cartografía es también representación - el mapa. Esto significa que la cartografía es todo el proceso de mapeo. (ICA, 2000)

Según La Asociación Cartográfica Canadiense(CCA) es un campo complejo, siempre cambiante, pero en el centro del mismo, es el proceso de elaboración del mapa. En su sentido más amplio, este proceso abarca desde la recolección, evaluación y procesamiento de los datos de origen, a través del diseño intelectual y gráfico del mapa, hasta el dibujo y reproducción del documento final. (CCA, 2017)

Los autores consideran que: Cartografía es la ciencia que estudia y analiza medidas y datos de regiones de la Tierra para ubicar geográfica y espacialmente al ser humano.

Sismo

Según el Diccionario de la Lengua Española (DLE, 2013) se entiende por sismo o terremoto a la sacudida de la corteza terrestre. Un poco más general el concepto brindado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS) la cual establece que un sismo no es más que una sacudida o movimiento brusco del terreno, producido en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la Tierra o a la tectónica de placas (SMIS, 2012).

Capítulo 1

Por su parte, el Instituto Nacional de Prevención Sísmica de Argentina (INPRES) considera que un sismo representa el proceso físico de liberación súbita de energía de deformación acumulada en las rocas del interior de la Tierra, que se manifiesta por desplazamientos de bloques anteriormente fracturados. Una parte importante de la energía liberada en este proceso se propaga en forma de ondas sísmicas, las cuales son percibidas en la superficie de la Tierra como una vibración. Es común utilizar el término Temblor para calificar los sismos de regular intensidad que no causan grandes daños y la palabra Terremoto para los sismos de gran intensidad. Sin embargo, el término Terremoto puede ser empleado para calificar cualquier sismo, ya que significa movimiento de tierra (INPRES, 2012).

Los autores consideran que: los sismos son eventos naturales originados en las zonas de contacto de las placas tectónicas, a causa de distintos orígenes, pudiendo ser evaluados cuantitativa y cualitativamente a partir de su magnitud e intensidad respectivamente.

Sismología

La sismología definida por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica A.C, es la rama de la geología que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas elásticas (sísmicas) que estos generan por el interior y superficie de la Tierra. Un fenómeno que también es de interés, es el proceso de ruptura de rocas, ya que este es causante de la liberación de ondas sísmicas. (SMIS, 2012)

Por otra parte, en (Alberto Nieto, 2014), se define que es la ciencia que estudia todo lo referente a los sismos: la fuente que los produce (localización, orientación, mecanismo, tamaño, etc.), las ondas elásticas que generan (modo de propagación, dispersión, amplitudes, etc.) y el medio físico que atraviesan dichas ondas. El estudio de la fuente sísmica incluye el estudio de las causas, así como el de los procesos que se presentan en ella, y es importante para elaborar modelos realistas que ayuden a la predicción de terremotos.

Los autores consideran que la sismología es la ciencia que estudia los eventos sísmicos y su impacto en el medio ambiente, así como sus causas y factores de ocurrencia.

Magnitud sísmica

Según la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica la magnitud es utilizada para cuantificar el tamaño de los sismos (mide la energía liberada durante la ruptura de una falla); por ser una medida de energía, es la misma desde cualquier punto en que se perciba (SMIS, 2012)

Capítulo 1

Por su parte (Decuyper Bartolomé, 2010), considera que es la medida de potencia de un terremoto o extracción de energía liberada por este, y determinada por la observación sismográfica. El concepto fue introducido por Dr. Charles F. Richter en 1935 para comparar la energía liberada en el foco por diferentes sismos. La energía total liberada por un terremoto es la suma de la energía transmitida en forma de ondas sísmicas y la disipada mediante otros fenómenos, principalmente en forma de calor.

Los autores consideran que: la magnitud sísmica es un valor que representa la cantidad de energía liberada por un evento sísmico determinado y se enuncia de acuerdo a la tabla recogida en el Anexo #1 del presente documento conocida como la escala de Richter⁸.

Intensidad Sísmica

En (Decuyper Bartolomé, 2010) la intensidad sísmica se define como un parámetro que describe los daños producidos en edificios y estructuras, así como sus consecuencias sobre el terreno y los efectos sobre las personas, por lo que su utilización en la evaluación de daños está muy extendida.

Por otro lado, la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, la considera como una descripción cualitativa de los efectos (donde intervienen la percepción de las personas, los daños materiales y económicos que ocasiona); esta se incrementa con la cercanía al epicentro y se tiene en cuenta para su evaluación (caída de objetos, desplazamiento de objetos, daños en infraestructura y el colapso) (SMIS, 2012).

Los autores consideran que la intensidad sísmica es una medida que expresa, de acuerdo a los efectos humanos y medio ambientales del fenómeno, los daños producidos por un sismo.

Energía liberada

La energía total liberada por un sismo es la suma de la energía disipada en forma de calor por la deformación en la zona de ruptura y la energía emitida. Esta puede ser medida de acuerdo a su equivalencia con respecto a una cantidad de trinitrotolueno (TNT) (Millones Jáuregui, 2005). En el contexto de la presente investigación se utiliza como uno de los parámetros empleados para la representación del área afectada por un evento sísmico, como se aborda a continuación.

Área de afectación

⁸ La ley del Dr. Charles F. Richter (del California Institute for Technology, 1935) consiste en asociar la magnitud del Terremoto con la "amplitud" de la onda sísmica, lo que redundará en propagación del movimiento en un área determinada.

Capítulo 1

Uno de los aspectos fundamentales en el análisis sísmico es la representación del espacio geográfico que pueda afectar, representando a todos los elementos en dicho espacio sobre los que el sismo impactó en alguna medida. Aunque esta no puede ser representada con exactitud, resulta conveniente realizar aproximaciones de la misma para lograr con mayor efectividad su estudio y análisis. En el marco de la presente investigación, la misma es representada de forma circular utilizando el epicentro del sismo y un radio, el cual se calcula teniendo en cuenta la magnitud y la energía liberada. Los valores empleados se encuentran en el Anexo 4 de la presente investigación.

1.3 Caracterización del objeto de estudio

1.3.1 Sistema de Información Geográfica

En el desarrollo de los SIG se ha confiado en las innovaciones realizadas en muchas disciplinas como son: la Geografía, Cartografía, Fotogrametría, Topografía, Geodesia, Ciencias de la Computación, Investigación de Operaciones, Inteligencia Artificial, Demografía, Sismología y muchas otras ramas de las Ciencias Sociales, Ciencias Naturales e Ingenieriles.

Teniendo en cuenta el planteamiento anterior y dada la variedad de aplicaciones y de sistemas desarrollados, existen en la actualidad dificultades para dar una definición única de los SIG. Por lo tanto, tratando de integrar todos los aspectos que cubren los SIG, se utilizará la siguiente definición propuesta por el Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales(ESRI): Los SIG son un sistema organizado de equipos informáticos, software, datos geográficos y descriptivos, así como diseños personales para hacer más eficiente la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y despliegue de todas las formas de información georeferenciada. (ESRI, 2012)

Dentro de los programas de planificación y mitigación de desastres, los SIG, según (Mena Hernández, 2002) permiten combinar la información de los riesgos naturales, recursos, población e infraestructura para determinar las áreas menos expuestas a los peligros, áreas aptas para las actividades de desarrollo, áreas que requieren una evaluación más detallada, áreas donde se debería priorizar en la aplicación de las estrategias de mitigación. Por ejemplo, los mapas de peligro sísmico permiten determinar las áreas y su extensión donde se deben evitar fuertes inversiones de capital o donde se deben considerar sólo actividades menos susceptibles a terremotos. De la misma manera, estas áreas expuestas junto a datos socio –

Capítulo 1

económicos y de infraestructura, pueden proporcionar el número de personas o la infraestructura, que pueden estar en situación de riesgo.

Por otro lado, una vez ocurrido el desastre, los SIG son esenciales para una pronta respuesta de las autoridades civiles de una manera ordenada y prioritaria, en aquellos lugares donde se determinó que los daños podrían ser mayores. Los SIG, dentro de los programas de planificación determinan las zonas con mayor probabilidad de daño, localizando a su vez, los sistemas de emergencia más cercanos y las zonas que pueden utilizarse como áreas de resguardo para la población. (Mena Hernández, 2002)

Específicamente, para el caso de eventos sísmicos, los SIG, según (ESRI, 2007) posibilitan:

1. Evaluar los lugares de riesgo y peligro en relación con poblaciones, propiedades y recursos.
2. La integración de los datos y la comprensión del alcance de una emergencia para el incidente.
3. Recomendación de soluciones preventivas y mitigadoras.
4. Determinar cómo y dónde deberían asignarse recursos escasos.
5. Priorizar las tareas de búsqueda y rescate.
6. Identificar las ubicaciones de las áreas de impacto, las ramas y divisiones operativas y otras importantes necesidades de gestión de incidentes.
7. Evaluación de las operaciones de recuperación a corto y largo plazo.

En el contexto de la presente investigación solo se tendrán en cuenta para el análisis las siguientes potencialidades:

1. Combinar la información de los riesgos naturales, recursos, población e infraestructura para determinar las áreas menos expuestas a los peligros.
2. Evaluar los lugares de riesgo y peligro en relación con poblaciones, propiedades y recursos.
3. Identificar las ubicaciones de las áreas de impacto.
4. Determinar las zonas con mayor probabilidad de daño.

1.3.1 Componentes Fundamentales de los SIG

Según (ESRI, 2012), los SIG están compuestos por una serie de subsistemas, cada uno de ellos encargado de una serie de funciones particulares. Es habitual citar tres subsistemas fundamentales:

Capítulo 1

1. Subsistema de **datos**. Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.
2. Subsistema de **visualización y creación cartográfica**. Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también las funcionalidades de edición.
3. Subsistema de **análisis**. Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

Para que un SIG pueda considerarse una herramienta útil y válida con carácter general, debe incorporar estos tres subsistemas en cierta medida (ESRI, 2012).

Otra forma distinta de ver el sistema SIG es atendiendo a los elementos básicos que lo componen. Cinco son los elementos principales que se contemplan tradicionalmente en este aspecto:

Datos. Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.

Métodos. Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.

Software. Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.

Hardware. El equipo necesario para ejecutar el software.

Personas. Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.

Por otro lado, según la propia definición asumida en esta investigación, un SIG está compuesto por información georeferenciada, atributos descriptivos, equipo informático y software.

- **El equipo informático:** Corresponde a la parte física del sistema y forma el núcleo medular de un SIG. Puede estar constituido por un ordenador, en donde se realizan todas las operaciones geográficas; digitalizador y escáner, para convertir una imagen en formato digital; equipos GPS u otros.

Capítulo 1

- **Atributos descriptivos:** Corresponden a la información que cada elemento tiene, representados por puntos, líneas o polígonos en su forma más simple. Estos se almacenan en una tabla que se encuentra relacionada con el elemento por medio de un indicador común.
- **Software:** Esencial para introducirse en el ambiente de trabajo de un SIG. Provee de las herramientas necesarias para el almacenamiento, análisis y despliegue de la información.
- **Información georeferenciada:** Con el equipo informático y el software seleccionado se introducen los elementos que forman el "mundo real", ubicándolos georeferencialmente. Esto se logra gracias a la interrelación de diferentes campos como son: el catastro, la topografía, la cartografía, el levantamiento, la fotogrametría, el procesamiento de imágenes, la percepción remota, la planificación rural y urbana, la ciencia de la tierra y la geografía (Hernández, 2002)

1.4 Análisis de soluciones existentes

Sistema de Información Geográfica para el manejo y evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Santiago de Cuba.

El SIG de referencia, fue desarrollado en el año 2009 por especialistas del CENAIIS y la Empresa GEOCUBA. Entre sus principales funcionalidades está: la recopilación, almacenamiento, actualización, análisis y visualización de la información concerniente a la evaluación y manejo de riesgos naturales, para facilitar la toma de decisiones en caso de desastres naturales, como la ocurrencia de un evento sísmico.

Este SIG permite obtener mapas del comportamiento del medio ambiente, construidos ante la ocurrencia de un sismo de gran intensidad, calculándose las posibles pérdidas a la población y a los recursos naturales. Lo anterior posibilita el análisis y evaluación integral del riesgo y la confección de los planes de mitigación de los mismos. El sistema maneja información sobre geología, geomorfología, tectónica activa, fenómenos físico - geológicos, uso de suelos, medio ambiente construido, peligrosidad sísmica y vulnerabilidad estructural, entre otros (García Peláez, y otros, 2009).

Este sistema se encuentra desarrollado sobre la SUITE ARGIS, y aun cuando incide directamente en el problema de la investigación, no se considera una solución factible, fundamentalmente debido a:

Capítulo 1

1. No se cuenta con acceso al código fuente de la aplicación, ni a sus archivos ejecutables.
2. El carácter propietario de ARGIS limita su utilización en el entorno del problema en cuestión, lo cual causaría un gasto adicional a la empresa por concepto de pago de licencia, por un lado, y por el otro al marcado interés nacional del desarrollo de herramientas tecnológicas libres.
3. Igualmente, no clasifica ni prioriza las áreas de posible impacto de acuerdo a su importancia (económica, política, social, medio-ambiental, entre otras) limitando así su capacidad de respuesta ante la ocurrencia de evento sísmico.

HAZUS-MH

En 1997, FEMA lanzó su primera edición de un paquete comercial de software de evaluación de pérdidas y riesgos basado en tecnología SIG. Este producto se denominó HAZUS97. La versión actual es Hazus-MH 4.0 (donde MH significa 'Multi-Hazard'⁹).

Actualmente, Hazus puede modelar múltiples tipos de peligros: inundaciones, huracanes, oleadas costeras, tsunamis y terremotos (Ver Figura 1). Además, se utiliza el área expuesta y el riesgo para calcular las pérdidas potenciales en términos de pérdidas económicas, daños estructurales, entre otros. (FEMA, 2016)

Dentro de sus principales funcionalidades, se destacan las siguientes:

1. La mitigación y recuperación, así como preparación y respuesta.
2. Determinar las pérdidas y los enfoques de mitigación más beneficiosos.
3. La evaluación del proceso de planificación de la mitigación.
4. Estimaciones de daños y pérdidas de edificios, instalaciones esenciales, transporte y líneas de acceso de servicios públicos, y población, basada en terremotos de escenario o probabilísticos.
5. La generación de escombros, incendios, víctimas y necesidades de refugio.

⁹ Sistema de Alerta para desastres naturales.

Capítulo 1

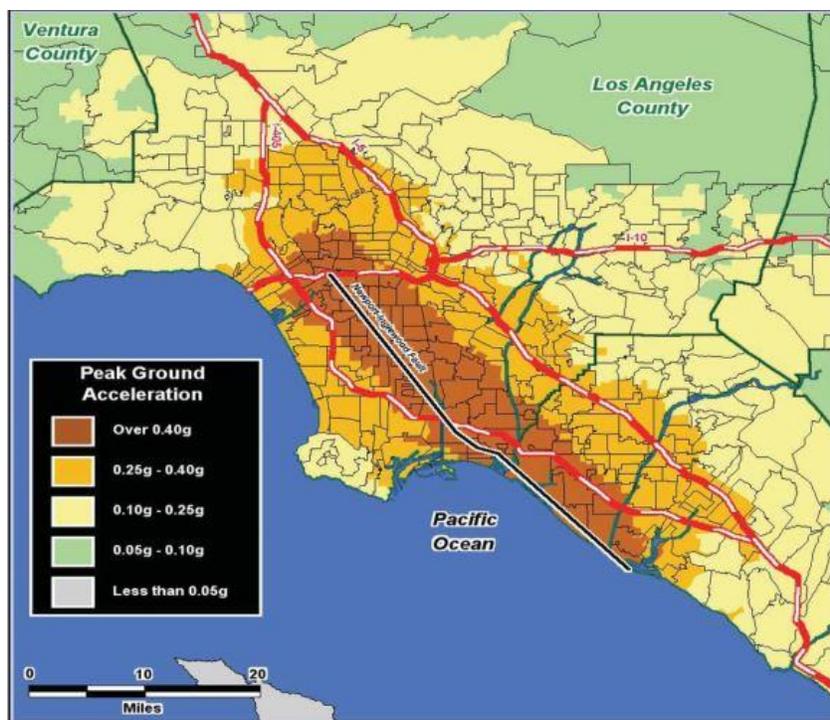


Figura 1. Vista del sistema HAZUS-MH

Aunque Hazus-MH tributa a la investigación, no se considera una solución factible, fundamentalmente debido a:

1. A pesar de ser una herramienta libre, requiere que los usuarios tengan ArcGIS la cual es una herramienta privativa con el nivel de licencia de ArcView¹⁰.
2. Además, la extensión de ArcGIS Spatial Analyst¹¹ es necesaria para el Flood Model¹²(Modelo de inundación)

¹⁰ Uno de los niveles de licencia bajo el que se distribuye comercialmente ArcGIS Desktop.

¹¹ Proporciona una amplia posibilidad de recursos relacionados con el análisis espacial de datos. Con esta herramienta se pueden crear, consultar y analizar datos ráster; combinar varias capas ráster; aplicar funciones matemáticas y construir y obtener nueva información a partir de datos ya existentes.

¹² El modelo de inundación comprende un modelo hidrológico y un modelo hidráulico.

Capítulo 1

3. Igualmente, no clasifica ni prioriza las áreas de posible impacto de acuerdo a su importancia (económica, política, social, medio-ambiental) limitando así su capacidad análisis para la reducción de daños ante la ocurrencia de eventos sísmicos.

Los sistemas anteriores, aunque no brindan solución al problema de la investigación, aportaron aspectos importantes como:

1. Datos que se toman en cuenta para el análisis de los eventos sísmicos y las estaciones sismológicas.
2. Forma de representación de los sismos.
3. Funcionalidades a implementar en la solución propuesta como la gestión de los sismos y la identificación de los mismos.

1.5 Herramientas y Tecnologías a utilizar para dar solución al problema

1.5.1 Metodología de desarrollo

En todo sistema de calidad de software es necesario la utilización de procedimientos, guías y técnicas que definan el modo de construcción del software. La misma se basa en tres pilares básicos: qué hay que hacer y en qué orden, cómo y con qué deben llevarse a cabo. Esto es, básicamente, qué etapas, actividades y tareas se deben acometer, qué técnicas deben emplearse para realizar estas actividades y cuáles son las herramientas de software a utilizar en cada caso. (Martell Fernández, 2013)

Existen metodologías ágiles y robustas. Las ágiles son convenientes para guiar proyectos de escaso volumen que demanden una rápida implementación. Por otro lado, las robustas pueden ser empleadas para guiar el proceso de desarrollo de proyectos grandes o pequeños. (Ramírez Martín, y otros, 2009).

La metodología empleada para el desarrollo de la presente investigación se basó en el método de desarrollo ágil: Proceso Unificado Ágil (AUP). Esta es una versión simplificada de RUP (Proceso Unificado de Software), que describe, de una manera simple y fácil de entender, la forma de desarrollar aplicaciones de software de negocio, usando técnicas ágiles y conceptos que aún se mantienen válidos en RUP.

En la UCI, se decide hacer una variación de esta metodología, de forma tal que se adapte al ciclo de vida definido para la actividad productiva en la universidad, logrando estandarizar el proceso de desarrollo de software. De las cuatro fases que propone AUP (Inicio, Elaboración, Construcción, Transición), se decide para el ciclo de vida de los proyectos de la UCI mantener la fase de Inicio, pero modificando el objetivo de

Capítulo 1

la misma, se unifican las restantes 3 fases de AUP en una sola titulada Ejecución y se agrega la fase de Cierre (Rodríguez Sánchez, 2015).

A continuación, se muestra la comparación entre de AUP y la variante AUP-UCI con relación a sus las fases y los objetivos específicos de las mismas para esta última (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Comparación entre AUP y la variante AUP-UCI

Fases AUP	Fases Variación AUP-UCI	Objetivos de las fases (Variación AUP-UCI)
Inicio	Inicio	Durante el inicio del proyecto se llevan a cabo las actividades relacionadas con la planeación del proyecto. En esta fase se realiza un estudio inicial de la organización cliente que permite obtener información fundamental acerca del alcance del proyecto, realizar estimaciones de tiempo, esfuerzo y costo y decidir si se ejecuta o no el proyecto.
Elaboración	Ejecución	En esta fase se ejecutan las actividades requeridas para desarrollar el software, incluyendo el ajuste de los planes del proyecto considerando los requisitos y la arquitectura. Durante el desarrollo se modela el negocio, obtienen los requisitos, se elaboran la arquitectura y el diseño, se implementa y se libera el producto. Durante esta fase el producto es transferido al ambiente de los usuarios finales o entregado al cliente. Además, en la transición se capacita a los usuarios finales sobre la utilización del software.
Construcción		
Transición		
	Cierre	En esta fase se analizan tanto los resultados del proyecto como su ejecución y se realizan las actividades formales de cierre del proyecto.

Tomado de (Rodríguez Sánchez, 2015)

Descripción de las disciplinas

AUP propone 7 disciplinas (Modelo, Implementación, Prueba, Despliegue, Gestión de configuración, Gestión de proyecto y Entorno). Se decide para el ciclo de vida de los proyectos de la UCI tener 7 disciplinas también, pero a un nivel más atómico que el definido en AUP. Los flujos de trabajos: Modelado de negocio,

Capítulo 1

Requisitos y Análisis y diseño en AUP están unidos en la disciplina Modelo, en la variación para la UCI se consideran a cada uno de ellos disciplinas (Rodríguez Sánchez, 2015).

Escenarios para la disciplina Requisitos.

El esfuerzo principal en la disciplina Requisitos es desarrollar un modelo del sistema que se va a construir. Esta disciplina comprende la administración y gestión de los requisitos funcionales y no funcionales del producto. Existen tres formas de encapsular los requisitos [Casos de Uso del Sistema (CUS), Historias de usuario (HU) y Descripción de requisitos por proceso (DRP)], agrupados en cuatro escenarios condicionados por el Modelado de negocio. (Rodríguez Sánchez, 2015)

A continuación, se presentan los escenarios para la disciplina de requisitos de acuerdo a la variante AUP-UCI (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Escenarios para la disciplina de requisitos

Escenarios	Características
Escenario No 1	Proyectos que modelen el negocio con CUN solo pueden modelar el sistema con CUS.
Escenario No 2	Proyectos que modelen el negocio con MC solo pueden modelar el sistema con CUS
Escenario No 3	Proyectos que modelen el negocio con DPN solo pueden modelar el sistema con DRP.
Escenario No 4	Proyectos que no modelen negocio solo pueden modelar el sistema con HU.

Tomado de (Rodríguez Sánchez, 2015)

Para el caso de la presente investigación, por las características que presenta el sistema, se utiliza el Escenario No 4: Historias de Usuario.

1.5.2 Plataforma GeneSIG 2.0

Capítulo 1

La plataforma GeneSIG es una herramienta que permite realizar representaciones y análisis de información referenciada geográficamente (Varen Caballero, 2010). Posee una estructura basada en *plugins*, lo que la convierte en una plataforma con un alto grado de interoperabilidad debido a que permite agregar o quitar componentes de manera sencilla. Es un producto desarrollado sobre software libre que permite la personalización de sus funcionalidades a cualquier negocio que lo requiera a través de la reutilización de sus componentes.

Presenta también un abanico bastante completo de características propias de un geoportal, con posibilidad de ir añadiendo o desarrollando nuevos plugins. Y es precisamente a través de estos plugins agregados de forma convencional, que GeneSIG posee un amplio conjunto de funcionalidades, que actúan como herramientas de la misma plataforma y le brindan la posibilidad de ser altamente modular y escalable (Membrides Espinosa, y otros, 2012).

Como parte de su organización interna, el sistema cuenta con 3 capas lógicas:

- **Interfaz:** En esta capa están implementadas todas las interfaces gráficas con las que interactúa el usuario y las interfaces de interacción con otros sistemas. Estas interfaces se relacionan directamente con los módulos que se encuentran implementados en la capa de negocio.
- **Negocio:** En esta capa están incluidas todas las tareas y funcionalidades que realiza la plataforma e incluye al servidor de mapas MapServer.
- **Base de Datos:** En esta capa se encuentran las bases de datos con las que trabaja la plataforma (una para datos cartográficos y otra para la información socio-económica, de configuración y los usuarios).

1.5.3 Lenguaje de Modelado UML 2.1

En todas las disciplinas de la Ingeniería se hace evidente la importancia de los modelos ya que describen el aspecto y la conducta de "algo". Ese "algo" puede existir, estar en un estado de desarrollo o estar todavía en un estado de planeación. Para realizar los modelos del sistema propuesto se hará uso del Lenguaje Unificado de Modelado 2.1 (UML, por sus siglas en inglés, *Unified Modeling Language*), porque permite "visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos generados en el desarrollo de un sistema"

Capítulo 1

(Jacobson, y otros, 2004). La visualización, especificación, construcción y documentación de los artefactos generados se realiza a través de diagramas, así como las relaciones entre los diferentes componentes y objetos.

1.5.4 Herramienta CASE: Visual Paradigm for UML 8.0

Las herramientas CASE (*Computer Aided Software Engineering*, Ingeniería de Software Asistida por Computadora) son diversas aplicaciones informáticas destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de software reduciendo el coste de las mismas en términos de tiempo y de dinero. Mejoran la forma en que ocurre el desarrollo y tienen influencia sobre la calidad del resultado final.

Para apoyar el modelado de los diagramas se hará uso de la herramienta CASE Visual Paradigm for UML, la cual soporta hasta la versión 2.1 de UML y permite modelar los procesos del negocio, la base de datos y las clases del sistema de manera visual.

1.5.5 Sistema Gestor de Base de Datos: PostgreSQL9.3

Según (Moreno, 2012) un Sistema Gestor de Base de Datos(SGBD) no es más una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a los mismos. Permite el almacenamiento, manipulación y consulta de datos pertenecientes a una base de datos organizada en uno o varios ficheros. En el modelo más extendido (bases de datos relacionales) la base de datos consiste, de cara al usuario, en un conjunto de tablas entre las que se establecen relaciones.

Durante el transcurso de la investigación, se emplea PostgreSQL, el cual es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional. Se encuentra distribuido bajo licencia BSD¹³ y tiene su código fuente disponible libremente. Es uno de los sistemas de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado. Utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Esto ofrece como ventaja que un fallo en uno de los procesos no afecte al resto, garantizando así que el sistema continúe funcionando (PostgreSQL, 2009).

¹³ Berkeley Software Distribution: Licencia de Software libre.

Capítulo 1

1.5.6 PostGIS: la extensión geográfica del gestor seleccionado

Con la finalidad de que la base de datos PostgreSQL soporte objetos geográficos se ha desarrollado el módulo PostGIS, convirtiéndola en una base de datos espacial que se puede utilizar en Sistemas de Información Geográfica” (Moreta, 2009). Añade soporte para objetos geográficos que permite consultas de ubicación para ser ejecutadas en SQL (Ramsey, y otros, 2015).

PostGIS 2.1: Es una versión estable y liberada de PostGIS, extensión de PostgreSQL que la convierte en una Base de Datos Espacial. Posee soporte de datos ráster y vectoriales. Es compatible con el servidor de mapas MapServer (Ramsey, y otros, 2015)

1.5.7 PGAdmin III para el manejo de PostgreSQL

PgAdmin III es la más popular y completa plataforma de administración y desarrollo de Código Abierto para PostgreSQL, la base de datos de código abierto más avanzada del mundo. La aplicación puede utilizarse en Linux, Solaris, Mac OSX y Windows para administrar PostgreSQL 7.3 y superiores y funciona en cualquier plataforma.

Está diseñado para responder a las necesidades de todos los usuarios, desde escribir simples consultas SQL hasta crear bases de datos complejas. La interfaz gráfica soporta todas las características de PostgreSQL y facilita su administración. La aplicación también incluye un resaltado de sintaxis SQL y un editor de código del lado del servidor.

La conexión con el servidor se puede hacer a través de TCP / IP¹⁴ o Unix Domain Sockets¹⁵ (en plataformas *Unix), y puede utilizar encriptado SSL¹⁶ para la seguridad. No se requieren controladores adicionales para comunicarse con el servidor de base de datos. Desarrollado por una comunidad de expertos de PostgreSQL en todo el mundo, está disponible en más de una docena de idiomas y publicado bajo la licencia PostgreSQL (POSTGRESQL, 2012).

¹⁴ Conjunto de protocolos que permiten la comunicación entre los ordenadores pertenecientes a una red. La sigla TCP/IP significa Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet.

¹⁵ Punto extremo de comunicaciones para intercambiar datos entre procesos que se ejecutan en el mismo sistema operativo de host.

¹⁶ Secure Sockets Layer: protocolo criptográfico que proporcionan comunicaciones seguras por una red.

Capítulo 1

1.5.8 Apache 2.4.7 como Servidor de aplicaciones

Apache 2.4 es un servidor web multiplataforma de código abierto. Es modular (basado en módulos), donde cada módulo ofrece un grupo de funcionalidades específicas al servidor. Es uno de los servidores web más utilizado en Internet, lo que facilita el acceso a la documentación. Provee un alto nivel de seguridad y eficiencia, permitiendo además el uso de una versión local, la cual hace posible que el servidor actúe como servidor y cliente al mismo tiempo, creando así la posibilidad de pre visualizar y probar el código mientras este es desarrollado (Apache Software Foundation, 1997).

1.5.9 MapServer 6.4 como Servidor de mapas

MapServer 6.4 es un entorno de desarrollo o plataforma de código abierto para la publicación de datos espaciales y aplicaciones cartográficas en Internet/Intranet. Permite visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología Internet MapServer. Ofrece la posibilidad de ser utilizado como servidor de mapas de terceros programas y admite múltiples formatos de datos vectoriales, características que hacen de MapServer una herramienta potente (Sphinx, 2014).

1.5.10 PHP 5 5.9 como Lenguaje de programación del lado del servidor

“Acrónimo recursivo de Hypertext Preprocessor, PHP 5 es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML” (php, 2013).

Es un lenguaje del lado del servidor, por lo que su código se ejecuta en el servidor y el cliente solo recibe una página con el código HTML resultante de la ejecución PHP independientemente del código origen en el servidor. Las páginas que se ejecuten en el servidor tendrán acceso a bases de datos, conexiones de red y otras funcionalidades para crear la página resultante.

Es soportado por un grupo de programadores, lo que posibilita que los fallos de funcionamiento se encuentren y reparen rápidamente. Es simple comparado con otros lenguajes, facilitando el proceso de actualización y/o migración de código, además soporta conexiones a una gran cantidad de bases de datos (como: PostreSQL, MySQL, Oracle, entre otras), y ofrece una solución simple y universal a la paginación dinámica (php, 2013).

1.5.11 JavaScript como Lenguajes de programación del lado del cliente

Capítulo 1

Usado principalmente en su forma del lado del cliente, JavaScript es un lenguaje interpretado, es decir que su código no se compila, sino se ejecuta a través de un intérprete. Este lenguaje es utilizado mayormente en páginas web. Todos los navegadores modernos interpretan el código JavaScript de las páginas web, el cual tiene integrado para tal propósito una implementación del Modelo de Objetos de Documentos (Mozilla Developer Network, 2005).

1.5.12 ExtJS 3.4 para el manejo de JavaScript

JS Ext o ExtJS es una librería JavaScript que incluye: componentes UI del alto rendimiento y personalizables, modelo de componentes extensibles, un API fácil de usar y licencias OpenSource y comerciales. Permite crear aplicaciones complejas utilizando componentes predefinidos, así como un manejador de layouts, que le posibilita proveer una experiencia consistente sobre cualquier navegador, evitando validar que el código escrito funcione bien en cada uno. La ventana flotante que provee ExtJS se considera excelente por la forma en la que funciona. Al moverla o redimensionarla, solo se dibujan los bordes, haciendo que el movimiento sea fluido. Además, brinda los siguientes beneficios:

- **Balance entre Cliente – Servidor:** La carga de procesamiento se distribuye, permitiendo que el servidor, al tener menor carga, pueda manejar más clientes al mismo tiempo.
- **Comunicación asíncrona:** En este tipo de aplicación el motor de render puede comunicarse con el servidor sin necesidad de estar sujeta a un clic o una acción del usuario, dándole la libertad de cargar información sin que el cliente lo note.
- **Eficiencia de la red:** El tráfico de red puede disminuir al permitir que la aplicación elija que información desea transmitir al servidor y viceversa, sin embargo, la aplicación que haga uso de la pre-carga de datos puede que revierta este beneficio por el incremento del tráfico. (Ventajas de ExtJS, 2011).

1.5.13 NetBeans 8.2 como Entorno de Desarrollo Integrado (IDE).

NetBeans es un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE por sus siglas en inglés) que permite diseñar aplicaciones de forma fácil con solo arrastrar objetos a la interfaz de un formulario. Es una plataforma pensada para escribir, compilar, depurar y ejecutar programas.

Capítulo 1

No solo permite el desarrollo de aplicaciones de escritorio, también permite el desarrollo de aplicaciones para la web y para dispositivos portátiles. La programación en este IDE se realiza a través de componentes modulares o módulos. Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas ya que estos permiten ser desarrollados independientemente por otros desarrolladores de software, de ahí que sea una aplicación flexible/extensible.

NetBeans IDE 8.2 ofrece analizadores de código y editores para trabajar con las últimas tecnologías Java 8, Java SE Embedded 8 y Java ME Embedded 8. El IDE también tiene una serie de nuevas herramientas para HTML5/JavaScript además mejoras para PHP y soporte C / C ++. (NetBeans, 2017)

1.6 Conclusiones parciales

1. La utilización de los SIG amplía las potencialidades y posibilidades del proceso de toma de decisiones de las entidades, al mismo tiempo que proporciona análisis diferentes a los tradicionales reportes que se obtienen de los Sistemas de Gestión de Información.
2. La posibilidad de asociar información socioeconómica con información geográfica y su consecuente interacción por parte del usuario, aumenta considerablemente el poder de las herramientas informáticas en el mencionado proceso de toma de decisiones actual.
3. Los SIG consultados en Internet, o desarrollados dentro del territorio nacional, que de alguna manera tributan a la investigación, no satisfacen el problema de la investigación, aunque aportaron elementos significativos para el desarrollo de la propuesta de solución.
4. Los elementos significativos de las herramientas, tecnologías y tendencias a utilizar, satisfacen las necesidades existentes para el desarrollo del sistema.
5. Las herramientas seleccionadas impulsan la soberanía tecnológica propuesta por el país y por el entorno de desarrollo donde se produce este resultado.

Capítulo 2

Capítulo 2: Análisis y diseño de la solución propuesta.

2.1 Introducción

En el presente capítulo se enuncian los requisitos funcionales y no funcionales y la arquitectura seleccionada, así como los artefactos generados en la etapa correspondiente al modelado del sistema. De ellos se presentan los respectivos modelos de diseño y de datos, correspondientes a la propuesta de solución. Igualmente se describen los patrones arquitectónicos y de diseño a utilizar, de acuerdo a la propuesta arquitectónica.

2.2 Requisitos de Software

Según (Pressman, 2010) los requisitos de software constituyen las necesidades de los clientes, las funcionalidades y las restricciones que debe cumplir el sistema software. Los mismos se clasifican en funcionales y no funcionales.

2.2.1 Requisitos Funcionales

Los Requisitos Funcionales (RF) son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, de la manera en que éste debe reaccionar a entradas particulares y de cómo se debe comportar en situaciones particulares. En algunos casos, los RF de los sistemas también pueden declarar explícitamente lo que el sistema no debe hacer (Sommerville, 2005). A continuación, se identifican los RF de la aplicación a desarrollar, los cuales se agrupan en módulos para una mejor organización y comprensión del sistema.

El sistema debe cumplir con los siguientes RF:

Navegación:

RF 1. Acercar determinada región del mapa

El sistema deberá permitir aumentar el tamaño del mapa, ubicando en el centro el punto o región donde el usuario realice la operación de acercar.

RF 2. Alejar determinada región del mapa

El sistema deberá permitir disminuir el tamaño del mapa, ubicando en el centro el punto o región donde el usuario realizará la operación de acercar.

Capítulo 2

RF 3. Visualizar todo el mapa

Esta funcionalidad permite visualizar el mapa según la escala inicial de la aplicación.

RF 4. Modificar el centro del mapa

El sistema deberá permitir al usuario seleccionar una región determinada y recentrar el mapa sobre esa región, sin modificar la proporción del mismo. Para realizar esta funcionalidad se requiere que el usuario seleccione en el mapa la región que desea recentrar. El sistema mostrará dicha región en el centro del mapa.

RF 5. Visualizar diferentes regiones del mapa

El sistema debe permitir al usuario mover el mapa, variando con el puntero del ratón la posición de la vista que se presenta.

RF 6. Navegar utilizando el mapa de referencia

Esta funcionalidad permite mover el mapa haciendo clic en el Mapa de Referencia en el punto donde se quiere recentrar el mapa.

RF 7. Generar imagen del mapa

Esta funcionalidad permite generar una imagen del mapa donde se muestran los epicentros de los terremotos ocurridos.

Visualización:

RF 8. Habilitar capas del mapa

Esta funcionalidad permite habilitar las capas del mapa que se encuentren deshabilitadas y que el usuario desea visualizar en la aplicación. La aplicación mostrará inicialmente deshabilitadas las capas de las zonas de interés y las estaciones. El usuario deberá habilitarlas en caso de que desee visualizarlas en el mapa. Se debe seleccionar en el panel izquierdo en el control de capas, la capa que se quiere habilitar.

RF 9. Deshabilitar capas del mapa

Esta funcionalidad permite deshabilitar las capas del mapa que se encuentran habilitadas y que el usuario no desea que se muestren en la aplicación. Se debe seleccionar en el panel izquierdo en el control de capas, la capa que se quiere deshabilitar.

Capítulo 2

RF 10. Modificar escala

Con este requerimiento el sistema debe ser capaz de permitirle al usuario que modifique la escala con la que se visualiza el mapa en la aplicación.

Impresión:

RF 11. Exportar mapa como imagen

Esta funcionalidad permite que el usuario pueda exportar el mapa o una región del mismo en formato de imagen. Para ello el usuario deberá seleccionar la opción correspondiente, así como la región que desea exportar. El sistema exportará dicha región como una imagen.

Análisis:

RF 12. Realizar tematización por zonas de interés

Permite realizar una tematización por colores que posibilite la representación de cada una de las zonas de interés de acuerdo a su clasificación.

RF 13. Realizar tematización por áreas de mayor actividad sísmica

Permite realizar una tematización que identifique las áreas de mayor actividad sísmica.

RF 14. Realizar tematización de eventos sísmicos de acuerdo a su intensidad

Permite realizar una tematización por símbolos que permita diferenciar los sismos de acuerdo a su intensidad.

RF 15. Realizar tematización de un evento sísmico en área determinada

Permite realizar una tematización por colores que identifique el área afectada por un evento sísmico determinado por el usuario.

Gestión:

RF 16. Limpiar campos

Permite quitar la información que se muestra en los campos de la interfaz.

RF 17. Insertar zonas de interés

Capítulo 2

Permite insertar al sistema una zona de interés determinada con sus datos correspondientes.

RF 18. Modificar zonas de interés

Permite modificar los datos de las zonas de interés almacenadas en el sistema. Debe seleccionar del listado de zonas de interés la que desea modificar, actualizar la información correspondiente y presionar el botón de modificar.

RF 19. Listar zonas de interés

Permite listar todas las zonas de interés existentes en ese momento con sus datos correspondientes.

RF 20. Eliminar zonas de interés

Permite eliminar una zona de interés del sistema

RF 21. Adicionar evento sísmico

Permite adicionar un evento sísmico al sistema con sus datos correspondientes.

RF 22. Modificar evento sísmico

Permite modificar los datos de un evento sísmico almacenado en sistema.

RF 23. Listar eventos sísmicos

Permite mostrar todos los sismos que se encuentran registrados en el sistema con sus datos correspondientes.

RF 24. Adicionar usuario

Permite adicionar un usuario al sistema con sus datos correspondientes.

RF 25. Eliminar usuario

Permitirá eliminar los usuarios que trabajan con el sistema.

RF 26. Modificar usuario

Permite modificar los datos de un usuario registrado en el sistema.

RF 27. Listar usuarios

Permite listar los usuarios registrados en el sistema.

Capítulo 2

RF 28. Adicionar rol

Permite adicionar un nuevo rol de usuario al sistema.

RF 29. Eliminar rol

Permite eliminar un rol de usuario en el sistema.

RF 30. Modificar rol

Permite modificar un rol de usuario en el sistema.

RF 31. Listar roles

Permite listar los roles almacenados en el sistema.

RF 32. Adicionar permisos

Permite adicionar permisos de usuario al sistema.

RF 33. Eliminar permisos

Permite eliminar permisos de usuario del sistema.

RF 34. Modificar permisos

Permite modificar los permisos de usuario del sistema.

RF 35. Listar permisos

Permite listar los permisos almacenados en el sistema.

RF 36. Adicionar estación

Permite adicionar una estación al sistema con sus datos correspondientes.

RF 37. Eliminar estación

Permite eliminar una determinada estación del sistema.

RF 38. Modificar estación

Permite modificar los datos de una estación registrada en el sistema.

RF 39. Listar estaciones

Capítulo 2

Permite listar todas las estaciones que se encuentran almacenadas en el sistema con sus datos correspondientes.

Reportes:

RF 40. Realizar reporte de sismos ocurridos en un período de tiempo dada una región

Permite obtener un reporte en formato PDF con los datos de los sismos ocurridos en un periodo de tiempo a partir de una región determinada por el usuario.

Seguridad:

RF 41. Autenticar usuario

Permite al usuario autenticarse para iniciar su sesión en el sistema.

RF 42. Cerrar sesión

Permite al usuario cerrar su sesión en el sistema.

2.2.2 Requisitos no Funcionales

Los Requisitos No Funcionales (RNF), como su nombre sugiere, son aquellos requisitos que no se refieren directamente a las funciones específicas que proporciona el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste como la fiabilidad, el tiempo de respuesta y la capacidad de almacenamiento (Sommerville, 2005). De forma alternativa, definen las restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida y las representaciones de datos que se utilizan en las interfaces del sistema. Los RNF rara vez se asocian con características particulares del sistema; más bien, estos requisitos especifican o restringen las propiedades emergentes del sistema.

El sistema debe cumplir con los siguientes RNF agrupados según su clasificación:

RNF 1. Interfaz de usuario:

- El sistema debe tener indicadores que permitan conocer al usuario las acciones que debe realizar, por ejemplo, botones con íconos sugerentes y alternativa textual.

RNF 2. Usabilidad

Capítulo 2

- Las funcionalidades principales del sistema estarán orientadas a íconos para un mayor reconocimiento por parte del usuario.

RNF 3. Software

Se requiere para los servidores las siguientes condiciones mínimas:

- Sistema Operativo: GNU/Linux Ubuntu Server 14.04.
- Servidor Web Apache 2.4.7, con módulo PHP v5.5.9 configurado con la extensión pgsql incluida.
- PostgreSQL 9.3 como Sistema Gestor de Base de Datos.
- PostGIS 2.1 como extensión de PostgreSQL para el manejo de datos espaciales.
- MapServer 6.4 con extensión PHP mapscript.

Se requiere para las PC cliente las siguientes condiciones mínimas:

- Un navegador como Mozilla Firefox v48.0, Chrome v42.0, Chromiun v37.0.

RNF 4. Hardware

Se requiere para los servidores las siguientes condiciones mínimas:

- Procesador: 2Ghz.
- Memoria RAM: 2GB.
- Disco Duro: 500MB

Se requiere para las estaciones de trabajo cliente las siguientes condiciones mínimas:

- Poseer tarjeta de red
- Procesador: 512MHz.
- Memoria RAM: 512MB.

Capítulo 2

2.3 Descripción del Sistema

2.3.1 Descripción de los actores que interactúan con el sistema

Un actor es un usuario del sistema, esto incluye usuarios humanos y otros sistemas computacionales. El conjunto de funcionalidades a las que un actor tiene acceso define un rol en el sistema y el alcance de su acción. (Sparks, 2001) A continuación, se mencionan los actores que van a interactuar con el sistema a desarrollar (ver Tabla 3), definiendo el rol que le ocupa dentro del mismo y su descripción.

Tabla 3. Descripción de los actores del sistema.

Actor	Descripción
Administrador del sistema	Representa a los especialistas que van a administrar el sistema.
Especialista	Representa a los especialistas que laboran en las estaciones sismológicas.

2.3.2 Descripción de los Requisitos Funcionales

Los Requisitos Funcionales son la entrada esencial para realizar el análisis, diseño, implementación y pruebas del sistema. Es por ello que realizar la descripción de los mismos, es de gran importancia.

La propuesta de solución presenta un total de 42 requisitos funcionales, agrupados en 7 módulos establecidos por la plataforma GeneSIG.

A continuación, se presenta la descripción de los requisitos del Módulo de Análisis (ver Tabla 4) a partir del modelo propuesto por la Historia de usuarios. El resto de la especificación de los requisitos funcionales del sistema se encuentran en el documento "GEYSED_SIGSISMOS_Descripción_de_Requisitos_de_Software", el cual se encuentra adjunto a la presente investigación.

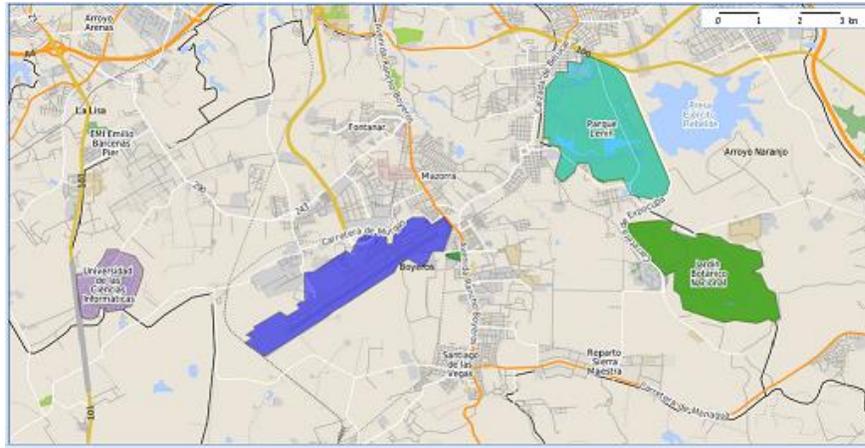
Tabla 4. Descripción de los requisitos funcionales del Módulo Análisis.

Número: 12	Nombre del requisito: Realizar tematización por zonas de interés.
------------	---

Capítulo 2

Programador: Rolyen Aguilar Alonso	Iteración Asignada: 1
Prioridad: Alta	Tiempo Estimado: 6 días
Riesgo en Desarrollo: <ul style="list-style-type: none"> • Rotura del host donde esté instalado el servidor de BD. • Afectaciones al personal de trabajo, debido a orientaciones de la dirección del país o de la universidad. • Planificación irreal. 	Tiempo Real: 5 días
Descripción: Permite realizar una tematización por colores que posibilite la representación de cada una de las zonas de interés de acuerdo a su clasificación. Las clasificaciones se identifican por los siguientes colores. <ol style="list-style-type: none"> 1. Económico(Azul) 2. Político (Rosado) 3. Social (Morado Claro) 4. Medio Ambiental (Azul claro) 5. Militar (Verde Olivo) 6. Histórico (Verde Marino) 7. Forestal(Verde Azul) 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Cuando se hace una tematización se deben desactivar el resto de las capas del sistema que no se relacionen con esta, para una mejor visualización. • Puede realizar la funcionalidad el usuario con rol de Especialista. 	
Prototipo de interfaz:	

Capítulo 2



Número: 13	Nombre del requisito: Realizar tematización por áreas de mayor actividad sísmica.	
Programador: Rolyen Aguilar Alonso	Iteración Asignada: 1	
Prioridad: Alta	Tiempo Estimado: 5 días	
Riesgo en Desarrollo: <ul style="list-style-type: none"> • Rotura del host donde esté instalado el servidor de BD. • Afectaciones al personal de trabajo, debido a orientaciones de la dirección del país o de la universidad. • Planificación irreal. 	Tiempo Real: 5 días	
Descripción: Permite realizar una tematización que identifique las áreas de mayor actividad sísmica.		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Cuando se hace una tematización se deben desactivar el resto de las capas del sistema que no se relacionen con esta, para una mejor visualización. • Puede realizar la funcionalidad el usuario con rol de Especialista. 		
Prototipo de interfaz:		

Capítulo 2



Número: 14	Nombre del requisito: Realizar tematización de eventos sísmicos de acuerdo a su intensidad.
-------------------	--

Programador: Rolyen Aguilar Alonso	Iteración Asignada: 1
---	------------------------------

Prioridad: Alta	Tiempo Estimado: 5 días
------------------------	--------------------------------

Riesgo en Desarrollo: <ul style="list-style-type: none"> • Rotura del host donde esté instalado el servidor de BD. • Afectaciones al personal de trabajo, debido a orientaciones de la dirección del país o de la universidad. • Planificación irreal. 	Tiempo Real: 4 días
--	----------------------------

Descripción:

Permite realizar una tematización por símbolos que permita diferenciar los sismos de acuerdo a su intensidad.

Observaciones:

- Cuando se hace una tematización se deben desactivar el resto de las capas del sistema que no se relacionen con esta, para una mejor visualización.
- Puede realizar la funcionalidad el usuario con rol de Especialista.

Capítulo 2

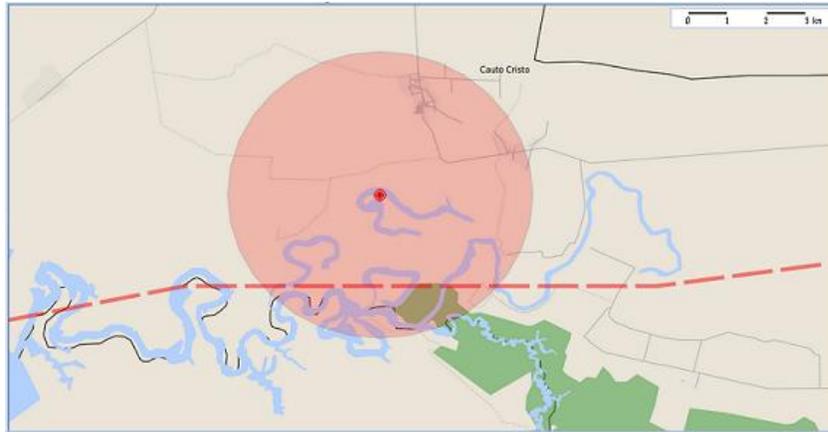
Prototipo de interfaz:



Número: 15	Nombre del requisito: Realizar tematización de evento sísmico en área determinada.	
Programador: Rolyen Aguilar Alonso	Iteración Asignada: 1	
Prioridad: Alta	Tiempo Estimado: 5 días	
Riesgo en Desarrollo: <ul style="list-style-type: none"> • Rotura del host donde esté instalado el servidor de BD. • Afectaciones al personal de trabajo, debido a orientaciones de la dirección del país o de la universidad. • Planificación irreal. 	Tiempo Real: 4 días	
Descripción: Permite realizar una tematización por colores que identifique el área afectada por un evento sísmico determinado por el usuario.		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Cuando se hace una tematización se deben desactivar el resto de las capas del sistema que no se relacionen con esta, para una mejor visualización. • Puede realizar la funcionalidad el usuario con rol de Especialista. 		

Capítulo 2

Prototipo de interfaz:



2.4 Arquitectura de software

La arquitectura de software es, a grandes rasgos, una vista del sistema que incluye los componentes principales del mismo, la conducta de esos componentes según se la percibe desde el resto del sistema y las formas en que los componentes interactúan y se coordinan para alcanzar la misión del sistema. (Clements, y otros, 1996)

La plataforma GeneSIG como herramienta base para el desarrollo, tiene su estructura basada en el framework CartoWeb. El mismo posee una arquitectura basada en componentes. Puesto que resulta conveniente mantener la misma arquitectura para evitar futuras incompatibilidades, en este caso el sistema a desarrollar adquiere la arquitectura definida por la plataforma.

2.4.1 Patrones arquitectónicos

Un patrón arquitectónico provee un conjunto de subsistemas predefinidos, especifica sus responsabilidades e incluye reglas y pautas para la organización de las relaciones entre ellos. Estos patrones son plantillas para arquitecturas de software concretas, que especifican las propiedades estructurales de una ampliación con amplitud de todo el sistema y tienen un impacto en la arquitectura de subsistemas (Camacho, y otros, 2004)

Capítulo 2

La selección de los patrones arquitectónicos es una decisión fundamental en el desarrollo de un software pues permiten darle solución a un problema en específico. En la solución de la investigación se emplea Arquitectura Basada en Componentes sobre las que se basa la plataforma GeneSIG.

Arquitecturas Basadas en Componentes: Define la composición de software como el proceso de construir aplicaciones mediante la interconexión de componentes de software a través de sus interfaces (de composición), abogaba por la utilización de componentes prefabricados sin tener que desarrollarlos de nuevo. Esta arquitectura también se conoce como el paradigma de ensamblar componentes y escribir código para que ellos funcionen (Robaina, 2008). Simplifica las pruebas y el mantenimiento del sistema, permitiendo agregar o actualizar componentes cuando sea necesario sin tener que afectar el resto del sistema (Terrero, 2005).

2.5 Modelo de diseño

El modelo de diseño es un modelo de objetos que describe la realización física de los casos de uso centrándose en cómo los requisitos funcionales y no funcionales, junto con otras restricciones relacionadas con el entorno de implementación, tienen impacto en el módulo, siendo la principal vía de acceso en la actividad de implementación (Jacobson, y otros, 2004).

Entre los artefactos que genera el modelo de diseño se encuentra el Diagrama de Clases del Diseño donde se muestran las clases, interfaces y colaboraciones, así como las relaciones entre ellas.

A continuación, se expone la representación de uno de los diagramas de clases de diseño correspondiente al plugin “**gZona**” (Ver Figura 2). Esta representación contribuye a una correcta implementación del producto. El resto de los diagramas de clases de diseño de la aplicación, se encuentran en el artefacto “GEYSED_SIGSISMOS_Modelo_de_disenno”, el cual se encuentra adjunto a la presente investigación.

Capítulo 2

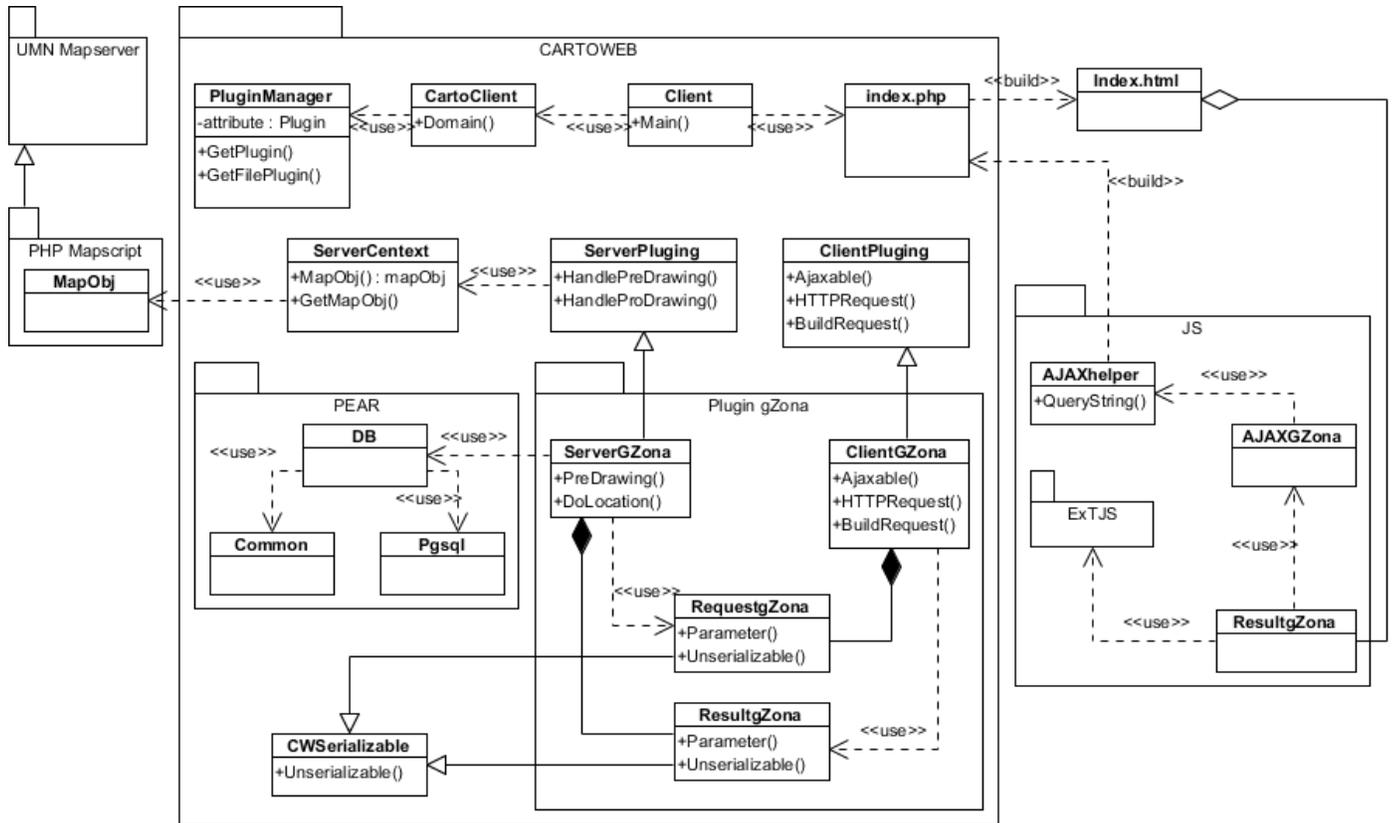


Figura 2. Diagrama de clases del diseño Gestionar Zona de interés

El *framework* CartoWeb proporciona una serie de clases para el funcionamiento del sistema que serán descritas a continuación.

Client: contiene todos los archivos específicos de PHP del lado de *CartoClient* y permite la interacción entre la *index.php* y la *CartoClient*.

CartoClient: integra y recoge todos los datos y funciones realizadas por cada uno de los *.js* que intervienen en el *plugin*, y define una serie de variables globales que van a ser utilizadas por la aplicación.

PluginManager: se utiliza para gestionar la base de *plugins*.

ClientPlugin: contiene las interfaces necesarias para los *plugins* del lado del cliente.

ServerPlugin: proporciona la base de herramientas para el desarrollo de *plugins*.

Capítulo 2

ServerContex: es la contenedora de la información común que ha de ser utilizada por la parte cliente y la servidora, empleando la información seleccionada como un objeto para un fácil manejo de los datos.

MapObj: es donde se definen los métodos, funciones, así como el lenguaje para el intercambio de datos con el servidor de mapas (MapServer).

DB: es la clase encargada de establecer la conexión con el servidor de base de datos para procesar los objetos a editar.

Common: es la encargada de administrar las conexiones a la base de datos para ejecutar las consultas a la misma satisfactoriamente, incluye el tratamiento de los datos.

Pgsqli: gestiona desde PHP las funciones de postgresQL.

CwSerializable: se encarga de serializar todas aquellas clases que pueden ser serializadas, permitiendo la comunicación entre las clases ClientGZona y ServerGZona.

AJAXHelper: tiene como propósito enviar las respuestas de los *plugins* "AJAX" a los *plugins* que responden a las peticiones del usuario.

index.html: Es la encargada de mostrar en el mapa la información necesaria para la gestión de las zonas de interés.

AJAXGZona: Es la encargada de gestionar el pedido y de las respuestas a las peticiones del usuario por ajax.

Clase ClientGZona: Recoge y selecciona de las .js contenidas en el paquete JS, toda la información correspondiente a los datos a precisar, entrados a través de los formularios, y los envía al ServerGZona.

Clase ServerGZona: Es la clase servidora, la cual tiene como principal función la conexión con la base de datos para efectuar los cambios requeridos y enviar las respuestas necesarias al ClientGZona.

Clase RequestgZona: Es una clase común encargada de transportar los datos recogidos en ClientGZona desde la interfaz y transportarlos a la clase ServerGZona (con propósito general).

Capítulo 2

Clase ResultgZona: Es una clase común encargada de transportar los datos generados en ServerGZona a la clase ClientGZona.

2.5.1 Patrones de diseño

Los patrones de diseño constituyen la base para la búsqueda de soluciones a problemas comunes en el proceso de desarrollo de software. Se caracterizan por su reusabilidad, flexibilidad y aplicabilidad a diferentes problemas de diseño en diversas circunstancias. (Larman, 2003) El patrón es un esquema de solución que se aplica a un tipo de situación, esta aplicación del mismo no es mecánica, sino que requiere de adaptación y matrices.

Por otra parte (Camacho, y otros, 2004) considera que un patrón de diseño describe la estructura comúnmente recurrente de los componentes en comunicación, que resuelve un problema general de diseño en un contexto particular y tienden a ser independientes de los lenguajes y paradigmas de programación.

✓ Patrones GoF empleados:

Se emplearon dos de los patrones GoF¹⁷: Acción y Solitario.

Acción: Se utiliza en el proceso de petición de una información cualquiera al sistema por un cliente, mediante la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) (Larman, 2003). En la propuesta de solución; uno de los aspectos más importantes son las GUI, puesto que el usuario interactúa constantemente con ellas. Este patrón es utilizado en la clase AjaxHelper (ver Figura 3), la cual se encarga de manejar las peticiones desde la interfaz de usuario y el servidor.

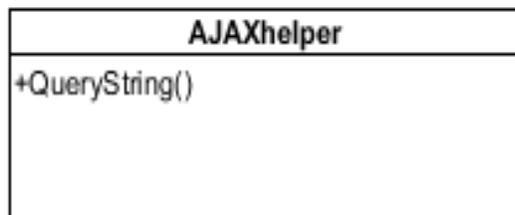


Figura 3. Clase AjaxHelper

¹⁷ Gang-of-Four

Capítulo 2

Solitario: Este patrón se aplica para garantizar el acceso único a una clase mediante una única instancia, lo cual permite controlar el acceso a las clases (Larman, 2003). En el presente caso, se utiliza para modificar el framework CartoWeb, con el fin de crear una única instancia del objeto “mapa” en toda la ejecución del programa. Esto se evidencia en la clase ServerContext (ver Figura 4).

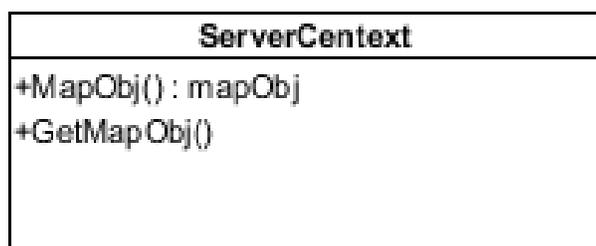


Figura 4. Clase ServerContext.

✓ Patrones GRASP empleados:

En el diseño de la propuesta de solución además se aplican los patrones GRASP¹⁸, que permiten describir los principios fundamentales de diseño de objetos para la asignación de responsabilidades.

Experto: Asignar la responsabilidad de realizar una labor a la clase que contiene toda la información necesaria para cumplir la tarea encomendada.

En este caso, se tiene la clase **ClientGZona** que es experta en procesar los datos que son enviados a través del navegador web (ver Figura 5), la clase **ServerGZona** que es la responsable de la interacción con el servidor de mapas y el servidor de bases de datos, y la clase **gZona.ajax** experta en el comportamiento por la parte cliente del sistema. El uso de este patrón permite que se conserve el encapsulamiento, ya que los objetos se valen de su propia información para hacer lo que se les pide.

¹⁸ General Responsibility Assignment Software (GRASP, por sus siglas en inglés, Patrones generales de software para asignar responsabilidades)

Capítulo 2

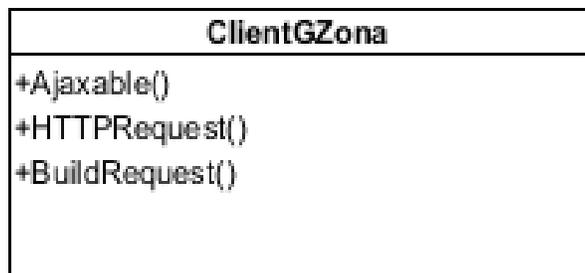


Figura 5. Clase ClientGZona.

Creador: Se aplica para la asignación de responsabilidades a las clases relacionadas con la creación de objetos, de forma tal que una instancia de un objeto sólo pueda ser creada por el objeto que contiene la información necesaria para ello. En este caso, el patrón se refleja en las clases **ClientGZona** y **ServerGZona** (ver Figura 6), encargadas de crear una instancia de las clases **ViewRequest** y **ServerRequest** respectivamente.

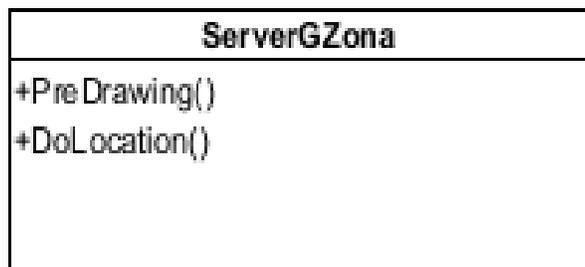


Figura 6. Clase ServerGZona.

Bajo Acoplamiento: Se asignan las responsabilidades de forma tal que cada clase comunique con el menor número de clases, minimizando el nivel de dependencia.

El acoplamiento es una medida de la fuerza en que una clase está conectada a otras clases, que las conoce y recurre a ellas. En este caso, se refleja el bajo acoplamiento, en cada una de las clases del sistema con el objetivo de que una clase no dependa de muchas clases, de esta forma, no se afectan por cambios de otros componentes, son fáciles de entender por separado y fáciles de reutilizar.

Alta Cohesión: Asigna a las clases responsabilidades que trabajan sobre una misma área de la aplicación y que no posea mucha responsabilidad, evitando que una clase sea responsable de muchas tareas funcionalmente heterogéneas.

Capítulo 2

En este caso, se garantiza que cada una de las clases del sistema posean alta cohesión, de manera que las clases posean la característica de tener las responsabilidades estrechamente relacionadas y que no realicen un trabajo enorme. El uso de este patrón permite que se pueda mejorar la claridad y facilidad en que se entiende el diseño, se simplifique el mantenimiento y existan mejoras de funcionalidad.

Controlador: Un controlador es un objeto de interfaz no destinada al usuario que se encarga de manejar un evento del sistema. Define además el método de su operación. En este caso, se encuentra reflejado en la clase **PluginManager** (ver Figura 7) encargada que controla la petición realizada desde la interfaz para poder acceder al *plugin* que atenderá dicha petición.

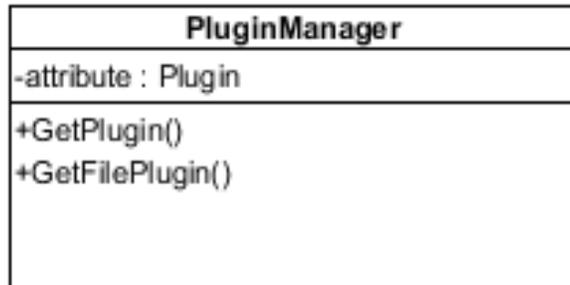


Figura 7. Clase *PluginManager*.

2.6 Modelo de datos

Un modelo de datos se puede definir como un conjunto de conceptos, reglas y convenciones bien definidos que permiten aplicar una serie de abstracciones a fin de describir y manipular los datos de un cierto mundo real que se desea almacenar en la base de datos (BD) (Miguel, y otros, 1999).

Por ello, se le considera fundamental para el desarrollo de cualquier aplicación que necesite almacenar datos. En la Figura 8 se presentan el diagrama correspondiente al modelo entidad-relación de base de datos utilizada para el manejo de información del sistema propuesto.

Capítulo 2

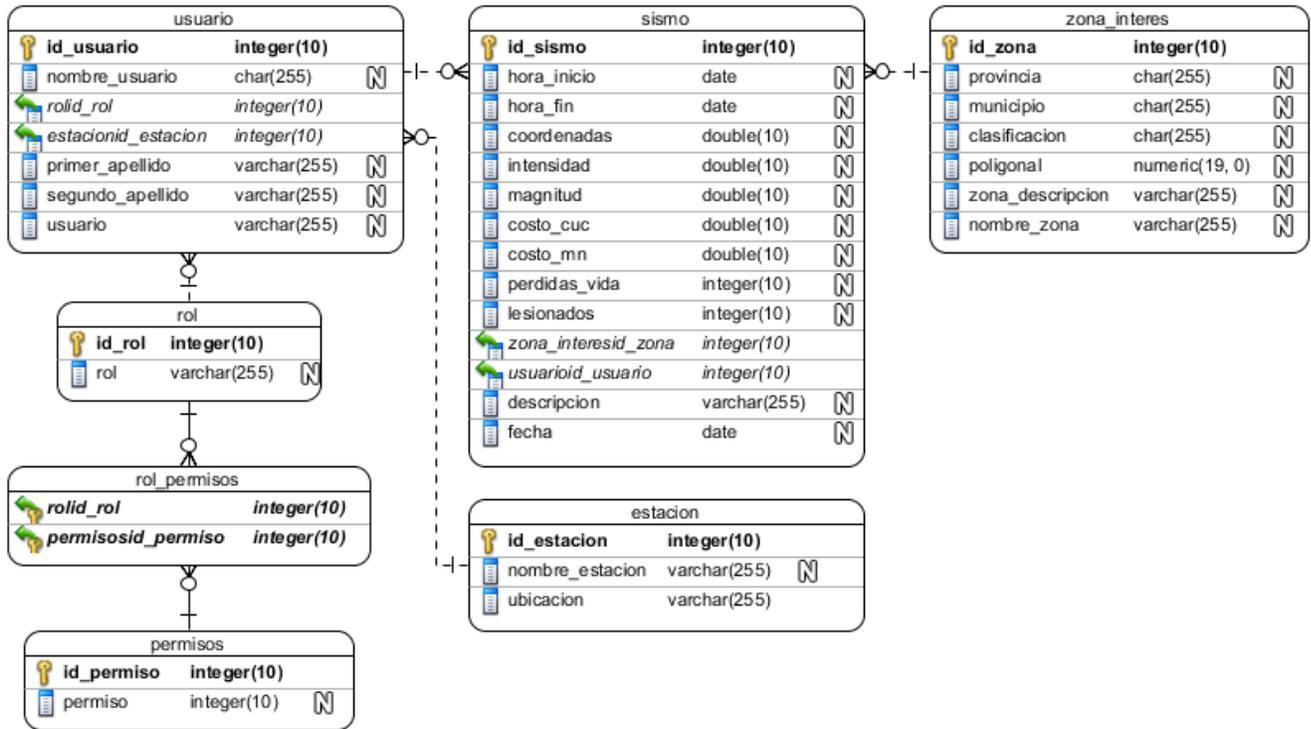


Figura 8. Modelo Entidad-Relación.

2.7 Conclusiones parciales

1. En el presente capítulo quedó expresada la etapa de análisis y diseño de la solución propuesta, arrojando como resultado un grupo de artefactos para organizar y entender los principales requerimientos del sistema.
2. A través del modelo de diseño se logró representar la estructura del sistema generando los artefactos correspondientes.
3. El empleo adecuado de los patrones arquitectónicos posibilitó realizar una correcta implementación del sistema propuesto.

Capítulo 3

Capítulo 3. Implementación y pruebas a la solución propuesta.

3.1 Introducción

El presente capítulo muestra los artefactos ingenieriles relacionados con la implementación y validación del sistema a desarrollar. Entre los principales elementos se encuentran el modelo de implementación y el de despliegue, con los respectivos artefactos generados a partir de ellos. Además, se detallan las pruebas realizadas al sistema.

3.2 Modelo de implementación

El modelo de implementación permite representar como se implementan en términos de componentes, los elementos del modelo de diseño. Describe también como dependen los componentes unos de otros, y como se organizan de acuerdo con los mecanismos de estructuración y modularización disponibles en el entorno de implementación y en los lenguajes de programación utilizados (Jacobson, y otros, 2004). El diagrama de componentes que se muestra a continuación (ver Figura 9) permite representar los principales componentes del sistema utilizados en la implementación del caso de uso Gestionar Zona de Interés.

3.2.1 Diagrama de componentes

El diagrama de componentes muestra la vista física de la aplicación a través de componentes y sus relaciones; representa cómo un sistema de software es dividido en elementos y muestra las dependencias entre estos elementos.

A continuación, se presenta el diagrama de componentes correspondiente a Gestionar Zona de Interés (Ver Figura # 9). El mismo está compuesto por

Capítulo 3

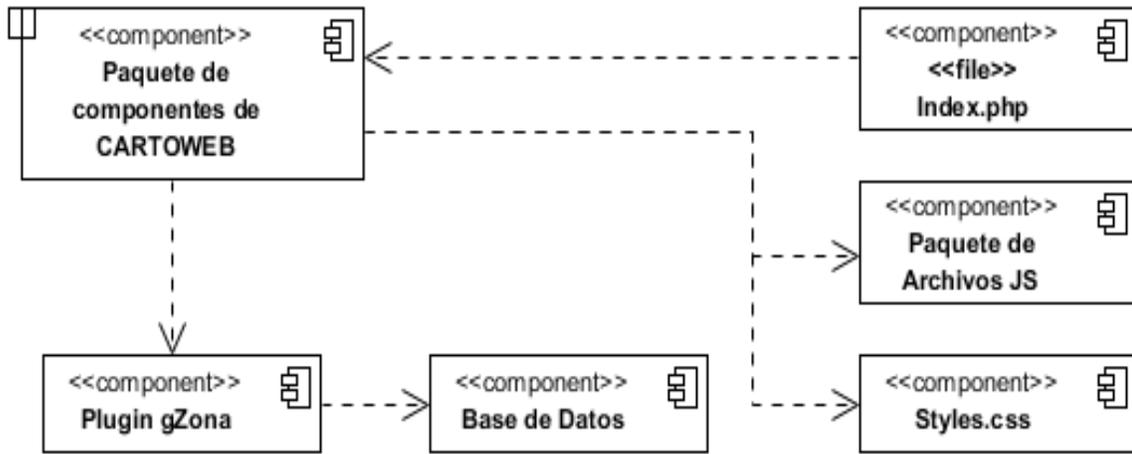


Figura 9. Diagrama de componentes correspondiente a Gestionar Zona de interés.

3.3 Modelo de despliegue

El modelo de despliegue es un modelo de objetos que describe la distribución física del sistema en términos de cómo se distribuye la funcionalidad entre los nodos de cómputo (Jacobson, y otros, 2000).

Con el objetivo de representar los recursos de cómputo que necesita el módulo para su correcto funcionamiento se muestra a continuación el diagrama de despliegue (ver Figura 10) correspondiente a la solución propuesta.

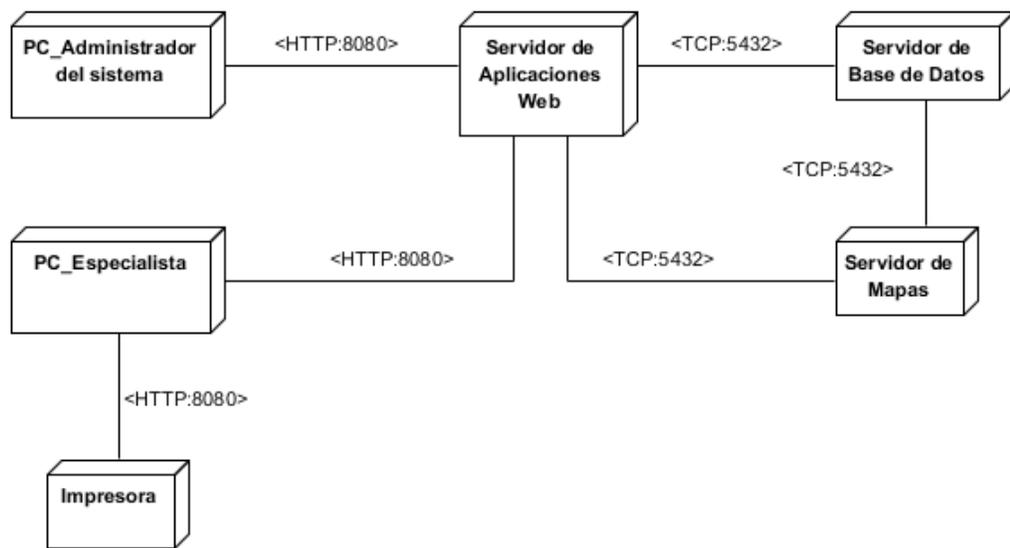


Figura 10. Diagrama de despliegue.

Capítulo 3

3.3.1 Descripción del diagrama de despliegue

El sistema se desplegará en todas las estaciones del Servicio Sismológico Nacional, en las que se debe contar al menos con una PC para el administrador del sistema y otra para los especialistas encargados de gestionar la información sismológica. Estas se deben conectar al servidor de aplicaciones web, usando el protocolo HTTP¹⁹ por el puerto 8080. Este a su vez se comunica con el servidor de mapas y el servidor de base de datos utilizando el protocolo TCP por el puerto 5432. La comunicación entre estos últimos se realiza empleando igual protocolo y puerto.

3.4 Pruebas

Una vez finalizada la implementación del sistema, se hace necesario comprobar que su funcionamiento sea correcto, verificando que las funcionalidades se ajusten a las especificaciones planteadas. Para ello se realizan las pruebas de software, con el fin de detectar defectos y asegurar que estos sean corregidos antes de la entrega del producto al cliente.

Las pruebas son actividades en las cuales un sistema o componente es ejecutable bajo condiciones o requerimientos específicos permitiendo que los resultados sean observados y registrados, estas se realizan con el objetivo de encontrar deficiencias existentes en el software (Booch , y otros, 2000).

Durante el flujo de trabajo de pruebas se verifica el resultado final de la implementación, probando la estructura; tanto en la construcción interna como intermedia, así como las versiones finales.

3.4.1 Pruebas de caja negra

Las pruebas de cajas negras o funcionales son realizadas a la interfaz del software y para aplicarlas solo se necesita conocer la funcionalidad del mismo. Estas pruebas se centran en los requisitos funcionales, permitiendo derivar conjuntos de condiciones de entradas que ejercitarán por completo dichos requerimientos.

Para seleccionar el conjunto de entradas con el que trabajar, hay que tener en cuenta que existen algunos que causan comportamientos erróneos en el sistema, y como consecuencia producen una serie de salidas

¹⁹ Hypertext Transfer Protocol (protocolo de transferencia de hipertexto) utilizado para la transferencia de información en Internet.

Capítulo 3

que revelan la presencia de defectos, teniendo como objetivo final encontrar una colección de datos cuya probabilidad de pertenecer a dicho grupo sea la más alta posible.

Para confeccionar los casos de prueba existen distintos criterios:

- ✓ **Técnica de la Partición de Equivalencia:** esta técnica divide el campo de entrada en clases de datos que tienden a ejercitar determinadas funciones del software.
- ✓ **Técnica del Análisis de Valores Límites:** esta Técnica prueba la habilidad del programa para manejar datos que se encuentran en los límites aceptables.
- ✓ **Técnica de Grafos de Causa-Efecto:** es una técnica que permite al encargado de la prueba validar complejos conjuntos de acciones y condiciones.

Para el sistema propuesto se selecciona la técnica Partición de Equivalencia pues permite examinar los valores válidos e inválidos de las entradas existentes en el software y definidas en (Pressman, 2005): *“se dirige a la definición de casos de prueba que descubran clases de errores, reduciendo así el número total de casos de prueba que hay que desarrollar”*.

Además, divide el dominio de entrada de un programa en clases de datos de los que se puede derivar casos de prueba, reduciendo así el número total a desarrollar. El diseño de los mismos consta de dos pasos, primero identificar las clases de equivalencia, que representan un conjunto de valores válidos y no válidos para una condición de entrada. Luego de identificadas se crean los casos de prueba (Juristo, et al., 2006).

3.4.2 Diseños de Casos de Prueba

Un Diseño de Caso de Prueba (DCP) está compuesto por un conjunto de entradas, respuestas (que emite el sistema de acuerdo a esas entradas) y el flujo central que indica el camino del escenario descrito. Estos son desarrollados para verificar el cumplimiento total o parcial de un requisito. Las entradas representan las variables que se pueden especificar y las mismas contienen: V, I, o N/A. V indica válido, I indica inválido, y N/A que no es necesario proporcionar un valor de la variable en un determinado caso, ya que es irrelevante.

A continuación, se muestra un ejemplo del caso de prueba correspondiente a eliminar Zona de interés (Ver Figura 11). La descripción de los demás casos de pruebas aplicados a los requisitos definidos, se pueden consultar en la carpeta “SIGSISMOS_Pruebas_de_Software” la cual se encuentra adjunta a la presente investigación.

Capítulo 3

Descripción general							
Permitirá adicionar nuevas zonas de interés al sistema, así como modificar o eliminar las ya existentes.							
Condiciones de ejecución							
El usuario con rol de Especialista debe estar autenticado. Para el caso del modificar o eliminar debe existir al menos una zona de interés en el sistema.							
SC3 Eliminar zona de interés							
Escenario	Descripción	Nom bre	Provi ncia	Mun icipi o	Clasif icaci ón	Respuesta del sistema	Flujo central
EC 3.1: Eliminar zona satisfactoriamente.	El usuario selecciona la funcionalidad "Gestionar zona de interés". Selecciona en el listado la zona que desea eliminar, selecciona la opción "Eliminar" y selecciona la opción Aceptar en el mensaje de confirmación de la operación.	N/A	N/A	N/A	N/A	El sistema muestra un mensaje de confirmación con las opciones de "Cancelar" o "Aceptar" la operación. Elimina satisfactoriamente la zona del listado de zonas de interés y muestra un mensaje informando que la operación ha sido realizada satisfactoriamente.	1. Autenticarse con uno de los roles descritos en las condiciones de ejecución 2. Seleccionar la funcionalidad "Gestionar zona de interés" 3. Seleccionar la zona que se desea eliminar. 4. Seleccionar la opción "Eliminar"
EC 3.2: Seleccionar la opción "Cancelar".	El usuario selecciona la opción "Cancelar" en el mensaje de confirmación de la operación.	N/A	N/A	N/A	N/A	El sistema muestra un mensaje informando que ha habido un error al eliminar los datos seleccionados y no se elimina la zona del sistema.	1. Autenticarse con uno de los roles descritos en las condiciones de ejecución 2. Seleccionar la funcionalidad "Gestionar zona de interés" 3. Seleccionar la zona que se desea eliminar. 4. Seleccionar la opción "Eliminar"

Figura 11. Sección Eliminar Zona de Interés correspondiente al Caso de prueba Gestionar Zona de Interés.

A continuación, se muestra la descripción las variables correspondientes a la sección Eliminar Zona de Interés del Caso de prueba Gestionar Zona de Interés (Ver Figura 12).

Capítulo 3

Descripción de las variables.				
No	Nombre de campo	Clasificación	Valor Nulo	Descripción
1	Nombre	Campo de texto	No	Cadena de caracteres con un valor máximo de 50.
2	Provincia	Lista desplegable	No	Selección única de un listado de provincias.
3	Municipio	Lista desplegable	No	Selección única de un listado de municipios que pertenecen a la provincia seleccionada.
4	Clasificación	Lista desplegable	No	Selección única de un listado de clasificaciones para las zonas.

Figura 12. Descripción de las variables correspondientes al Caso de Prueba Gestionar Zona de interés

3.4.3 Resultados de las pruebas de caja negra realizadas

El SIG para la reducción de daños por eventos sísmicos en Cuba fue sometido a tres iteraciones de pruebas. En una primera iteración, fueron detectadas 9 no conformidades: 4 errores ortográficos y 5 funcionalidades incorrectas (Ver figura 13). Luego de la segunda iteración se detectaron un total de 3, de ellas: 2 errores ortográficos y 1 funcionalidad incorrecta, que fueron corregidas a medida que fue avanzando el proceso de pruebas. Posteriormente una tercera iteración con el objetivo de verificar que las no conformidades antes detectadas estuvieran totalmente resueltas y no generaran otras, obteniéndose resultados satisfactorios.

Capítulo 3

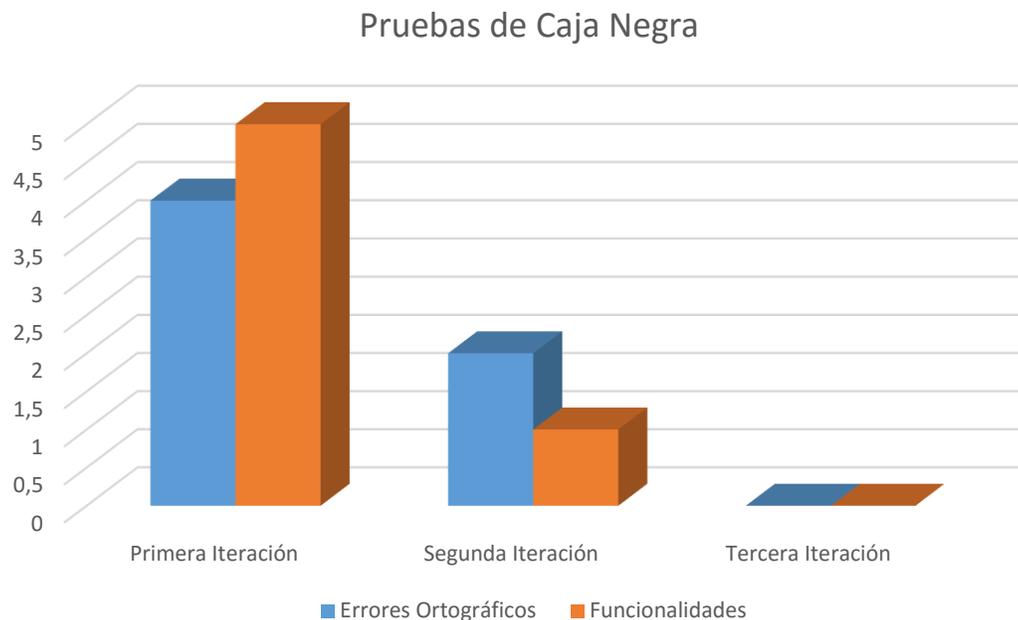


Figura 13. Resultados de las pruebas de Caja Negra.

3.4.4 Pruebas de caja Blanca

Estas pruebas, también suelen ser llamadas estructurales o de cobertura lógica. En ellas se pretende investigar sobre la estructura interna del código, exceptuando detalles referidos a datos de entrada o salida, para probar la lógica del programa desde el punto de vista algorítmico. Realizan un seguimiento del código fuente según se va ejecutando los casos de prueba, determinándose de manera concreta las instrucciones y/o bloques; que han sido ejecutados. (Salazar Martínez, 2015).

Además, con su realización, se pretende indagar sobre la estructura interna del código, omitiendo detalles referidos a datos de entrada o salida. Su objetivo principal es probar la lógica del programa desde el punto de vista algorítmico. (Salazar Martínez, 2015).

Pruebas de unidad

Este tipo de prueba se centra en ejecutar cada módulo o unidad mínima a ser probada; lo cual provee un mejor modo de manejar la integración de las unidades en componentes mayores. Busca asegurar que el código funciona de acuerdo con las especificaciones y que el módulo lógico es válido.

Capítulo 3

Para la presente investigación se utiliza este tipo de prueba mediante el uso de la herramienta PHPUnit²⁰. Se realizaron tres iteraciones en las cuales se detectaron un total de 5 no conformidades de sintaxis e implementación. En la primera iteración se encontraron 3 no conformidades, las cuales fueron resueltas de forma satisfactoria. En una segunda iteración 2, a las cuales se les dio solución. Posteriormente en una tercera iteración no fueron encontrados nuevos errores.

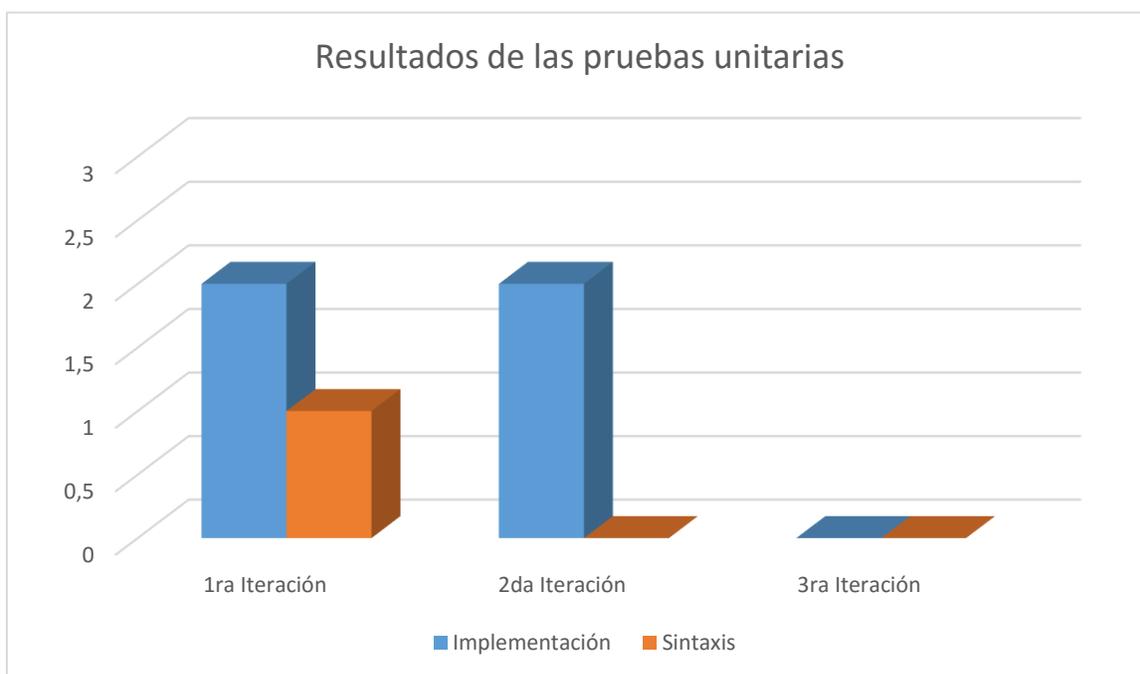


Figura14. Resultados de las pruebas de unidad.

3.5 Conclusiones parciales

1. La elaboración del modelo de componentes permitió representar en términos de componentes, los elementos descritos en el diseño.
2. La elaboración del modelo de despliegue permitió representar la distribución física del sistema.
3. Las pruebas permitieron encontrar errores que fueron solucionados en su totalidad.

²⁰ Entorno para realizar pruebas unitarias en el lenguaje de programación PHP.

Conclusiones Generales

Conclusiones Generales

A partir del contenido del trabajo presentado, de los antecedentes revisados en la literatura y su análisis, se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Las soluciones existentes consultadas, que de alguna manera tributan a la investigación, no satisfacen el problema de la investigación, no obstante, aportaron algunos elementos tenidos en cuenta en el desarrollo de la solución.
2. Con la aplicación de la metodología de desarrollo AUP-UCI permitió que se obtuvieran los artefactos generados del proceso ingenieril, proporcionando comprensión a la solución desarrollada, favoreciendo la rigurosidad en su diseño.
3. Con la implementación del sistema, se logró obtener un software que permite el apoyo a la toma de decisiones en el proceso de reducción de daños por eventos sísmicos en Cuba, a través de la gestión, representación y el análisis de datos geoespaciales.
4. El proceso de pruebas desarrollado, permitió identificar y resolver los errores en la implementación, garantizando el correcto funcionamiento del producto final, obteniéndose una aplicación que cumple con los requisitos definidos y que satisface las necesidades establecidas en los mismos.

Recomendaciones

Recomendaciones

A partir de los resultados de la investigación los autores recomiendan:

1. Publicar los resultados de la investigación en revistas científicas.
2. Añadir a la solución propuesta elementos de predicción sísmica a través del uso de datos históricos.

Bibliografía

Referencias Bibliográficas

1. **Alberto Nieto, Mario. 2014.** *Análisis Estructural III. Guía de Estudio.* Córdoba : Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba, 2014.
2. **Apache Software Foundation. 1997.** Apache. [En línea] 1997. [Citado el: 22 de 11 de 2015.] <http://httpd.apache.org>.
3. **Booch , Grady, Jacobson, Ivar y Rumbaugh , James. 2000.** *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software.* 2000.
4. **Britannica, Encyclopedia. 2017.** Encyclopædia Britannica, Inc. *Cartography.* [En línea] 2017. [Citado el: 10 de mayo de 2017.] <https://www.britannica.com>.
5. **Buzai, G. D. 2011.** *Sistemas de Información Geográfica en América Latina: Un análisis de su evaluación académica basado en La CONFIBSIG (1987-2010).* 2011.
6. **Caballero, Varen. 2010.** *Estrategia para la implementación de Sistemas de Información Geográfica del petróleo sobre la base de la Plataforma GeneSIG.* La Habana : s.n., 2010.
7. **Camacho, E, Cardereso, F y Nuñez, G. 2004.** *Arquitecturas de Software. Guía de estudio.* 2004.
8. **Carrasco, A S. 2013.** *sistema de Información Geográfico para el Grupo Estatal AZCUBA.* La Habana : s.n., 2013.
9. **Celada, M. S. y Roffe, T. G. 2006.** *Estado del arte del uso de la tecnología SIG en la gestión del riesgo de desastres naturales en la agricultura a escala nacional.* 2006.
10. **CENAI. 2012.** ¿Qué hacemos? [En línea] 2012. <http://www.cenais.cu/index.php/que-hacemos>.
11. **Clements, Paul C. y Northrop, Linda M. 1996.** *Software Architecture: An Executive Overview.* s.l. : Software Engineering Institute, 1996. CMU/SEI-96-TR-003.
12. **Decuyper Bartolomé, Frederic. 2010.** *Estudio dinámico en edificación.* 2010.
13. **DLE. 2013.** Diccionario de la Lengua Española. [En línea] 2013. [Citado el: 12 de noviembre de 2016.] <http://www.dle.rae.es>.

Bibliografía

14. **ESRI. 2012.** Environmental Systems Research Institute. [En línea] 2012. [Citado el: 23 de octubre de 2016.] www.esri.com.
15. —. **2007.** *GIS Best Practices. GIS for Earthquakes*. New York Street : s.n., 2007. CA 92373-8100.
16. **FEMA. 2016.** FEMA. [En línea] Department of Homeland Security, 2016. [Citado el: 15 de marzo de 2017.] <https://www.fema.gov/hazus/>.
17. **García Peláez, Julio A., y otros. 2009.** *Sistema de Información Geográfica para el manejo y evaluación del riesgo sísmico en la Ciudad de Santiago de Cuba*. 2009.
18. **Hernández, U. M. 2002.** *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. Ingeniería del Terreno. Cartografía y Geofísica*. Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña : s.n., 2002.
19. **INPRES. 2012.** Instituto Nacional de Prevención Sísmica. [En línea] San Juan, Argentina, 2012. [Citado el: 20 de febrero de 2017.] <http://www.inpres.gov.ar>.
20. **Jacobson, Booch y Rumbaugh. 2004.** *El Proceso Unificado de Desarrollo. Vol I, Vol II*. La Habana: Félix Varela : s.n., 2004.
21. **Jacobson, I. y Booch, G. 2000.** *El proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Madrid : s.n., 2000.
22. **Juristo, N, Moreno, A M y Vegas, S. 2006.** *Técnicas de Evaluación de Software*. s.l. : Universidad Simón Bolívar, 2006.
23. **Larman, Craig. 2003.** *UML y Patrones 2da Edición*. España : Pearson Educación : s.n., 2003.
24. **Martell Fernández, Yordano . 2013.** *Sistema de Información Geográfica para el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas*. La Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2013.
25. **Mato García, Rosa María. 2009.** *Sistemas de Bases de Datos*. 2009.
26. **Membrides Espinosa, Antonio, y otros. 2012.** *Manual de GeneSIG*. La Habana : s.n., 2012.
27. **Mena Hernández, Ulises. 2002.** *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. [En línea] 2002. [Citado el: 23 de Octubre de 2016.] <http://hdl.handle.net/10803/6222>.
28. **Miguel, A., Piattini, M. y Marcos, E. 1999.** *Diseño de Bases de Datos Relacionales*. 1999.
29. **Modeling, Agile. 2014.** Agile Modeling. *UML 2 Use Case Diagrams: An Agile Introduction*. [En línea] Ambyssoft Inc, 2014. [Citado el: 10 de abril de 2017.] <http://www.agilemodeling.com>.

Bibliografía

30. **Moreno, M. L. 2012.** *Propuesta de arquitectura para la Línea de Productos de Software Aplicativos SIG.Geoinformática.* La Habana,Universidad de las Ciencias Informáticas : s.n., 2012.
31. **Mozilla Developer Network. 2005.** MDN. [En línea] 2005. [Citado el: 20 de 1 de 2016.] <https://developer.mozilla.org/es/docs/JavaScript>.
32. **Muñoz, A. L. F. 2010.** *Análisis de un Sistema de Información Geográfica sobre GVSIG en el Departamento Geoinformática.* La Habana.Universidad de las Ciencias Informáticas. : s.n., 2010.
33. **NetBeans. 2017.** Oracle Corporation. *NetBeans IDE 8.2 Information.* [En línea] 2017. [Citado el: 29 de enero de 2016.] <https://netbeans.org>.
34. **Olaya, Victor. 2010.** *Sistemas de Información Geográfica.* 2010.
35. **php. 2013.** php. [En línea] 2013. [Citado el: 3 de febrero de 2016.] php. (2013). php. Recuperado el 8 de noviembre de 2015, de <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>.
36. **POSTGRESQL. 2012.** POSTGRESQL. [En línea] pgAdmin Introduction, 2012. [Citado el: 18 de 11 de 2016.] <http://www.pgadmin.org/>.
37. **PostgreSQL. 2009.** PostgreSQL-es. [En línea] 2009. [Citado el: 20 de enero de 2017.] <http://www.postgresql.org.es/>.
38. **Pressman. 2010.** *Ingeniería del Software, un enfoque práctico.* Madrid : s.n., 2010.
39. **Pressman, R S. 2005.** *Ingeniería del Software.Un enfoque práctico.* 2005. S.l.: s.n..
40. **Pressman, Roger. 2002.** *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico.* s.l. : Quinta Edición. s.l. : McGraw-Hill, 2002. ISBN: 8448132149..
41. **RAE. 2013.** Definición de Sismo. [En línea] 2013. [Citado el: 10 de octubre de 2016.] <http://buscon.rae.es>.
42. **Ramírez Martín y Rodríguez Donatien. 2009.** *Sistema para la Identificación de Aguas en Pozos Petroleros (SIAPP).* La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas : s.n., 2009.
43. **Ramsey, P y Santilli, S. 2015.** *Postgis Documentation.* 2015.
44. **REYNA, A. 2005.** *El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) en el análisis demográfico de situaciones de desastre.* 2005.

Bibliografía

45. **Riquenes Cutiño, Odalis. 2016.** Juventud Rebelde. [En línea] 2016. [Citado el: 29 de noviembre de 2016.] <http://www.juventudrebelde.cu/>. ISSN 1563-8340.
46. **Robaina, I.L. y Sordo, V.L.R. 2008.** *Propuesta del Diseño Arquitectónico del Simulador de Sistemas Biológicos: BioSyS*. La Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2008.
47. **Rodríguez Parra, D. y Cancio Fernández, M. E. 2012.** *GeoQ: Desarrollo del módulo de interrelación de múltiples tablas y capas*. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas : s.n., 2012.
48. **Rodríguez Sánchez, Tamara. 2015..** *Metodología de desarrollo para la Actividad productiva de la UCI*. La Habana : s.n., 2015.
49. **Sánchez, M, R P y Baños, V, Y. 2007.** *Sistema generador de Mapas Temáticos y Gráficos*. 2007.
50. **SMIS. 2012.** *Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica*. [En línea] 2012. [Citado el: 10 de enero de 2016.] <http://www.smis.org.mx/>.
51. **Sommerville, Ian. 2005.** *Ingeniería del Software*. 2005.
52. **Sparks, Geoffrey. 2001.** *Introducción al modelado de sistemas de software usando el Lenguaje Unificado de Modelado (UML)* . s.l. : Enterprise Architect, 2001.
53. **Sphinx. 2014.** MapServer. [En línea] 2014. [Citado el: 17 de 1 de 2016.] <http://www.mapserver.org/es/about.html#about>.
54. **Terrero, J.C. 2005.** *Desarrollo de Software basado en Componentes*. 2005.

Anexos

Anexos

ANEXO 1: Escala de intensidad de los sismos (Escala de Richter)

Magnitud en Escala Richter	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

ANEXO 2: Sismos históricos reportados en Cuba.

AÑO	MES	DÍA	HORA	Lat. N.	Lon. W.	Ms	H	I	LOCALIDAD
1551	OCT	18	-	(20.40)	(76.60)	(5.8)	(15)	8.0	BAYAMO
1578	AGO		-	(19.90)	(76.00)	(6.8)	(30)	8.0	SANTIAGO DE CUBA
1580			-	(19.90)	(76.00)	(5.8)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1624	OCT		-	(20.40)	(76.00)	(5.2)	(15)	7.0	BAYAMO
1675	FEB	11	-	(19.90)	(76.00)	(5.8)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1678	FEB	11	14:59	(19.90)	(76.00)	(6.8)	(30)	8.0	SANTIAGO DE CUBA
1682			-	(19.90)	(76.00)	(5.8)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1752	OCT		-	(19.90)	(76.00)	(5.8)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1760	JUL	11	-	(19.90)	(76.00)	(6.8)	(30)	8.0	SANTIAGO DE CUBA
1766	JUN	12	05:14	(19.80)	(76.10)	(7.6)	(35)	9.0	SANTIAGO DE CUBA
1775	FEB	11	-	(19.90)	(76.00)	(5.8)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1826	SEP	18	09:29	(19.90)	(76.00)	(5.8)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1842	JUL	07	-	(19.90)	(76.00)	(6.0)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1852	AGO	20	14:05	(19.77)	(75.35)	(7.3)	(30)	9.0	SANTIAGO DE CUBA
1852	NOV	26	08:44	(19.50)	(76.25)	(7.0)	(35)	8.0	SANTIAGO DE CUBA
1858	ENE	28	22:04	(19.90)	(76.00)	(6.5)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA

Anexos

1880	ENE	23	04:39	(22.70)	(83.00)	(6.0)	(15)	8.0	SAN CRISTOBAL
1903	SEP	22	08:09	(19.90)	(76.00)	(5.7)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1906	JUN	22	07:09	(19.65)	(76.25)	(6.2)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1914	FEB	28	05:19	(21.22)	(76.17)	(6.2)	(32)	7.0	GIBARA
1914	DIC	25	05:19	(19.45)	(76.30)	(6.7)	(30)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1926	AGO	03	11:30	(20.30)	(77.10)	(5.4)	(15)	7.0	MANZANILLO
1930	ENE	17	12:00	(19.90)	(76.00)	(5.8)	(25)	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1932	FEB	03	06:15	19.80	75.80	6.75	-	8.0	SANTIAGO DE CUBA
1939	AGO	15	03:52	22.50	79.25	5.6	-	7.0	REMEDIOS-CAIBARIEN
1947	AGO	07	00:40	19.90	75.30	6.75	50	7.0	SANTIAGO DE CUBA
1976	FEB	19	13:59	19.87	76.87	5.7	15	8.0	PILON
1992	MAY	25	16:55	19.62	77.70	7.0	30	7.0	CABO CRUZ

Ms: Magnitud; I: Intensidad MSK²¹; H: Profundidad (km)

Tomado de <http://www.cenais.cu/>

ANEXO 3: Estaciones del Servicio Sismológico Nacional

Abreviatura	Estación	Latitud	Longitud	Altitud
SOR	Soroa	+83.02° W	+22.78° N	+206 m
MGV	Manicaragua	+80.00° W	+22.33° N	+350 m
CCCC	Casorro	+77.42° W	+21.20° N	+100 m
CMGC	Las Mercedes	+77.00° W	+20.07° N	+200 m
RCC	Río Carpintero	+75.70° W	+19.99° N	+100 m
MOAC	Moa	+74.96° W	+20.66° N	+050 m
MASC	Maisí	+74.23° W	+20.18° N	+350 m

Tomado de <http://www.cenais.cu/>

²¹ Propuesta en 1964 por S. V. Medvedev, W. Sponheuer y V. Karnik en colaboración con un grupo de trabajo constituido por la XIII Asamblea General de la U.G.G. I (Berkeley, 1963). Corresponde a los efectos producidos por la acción de las ondas superficiales y es una medida subjetiva pues depende de la apreciación de las personas.

Anexos

ANEXO 4: Magnitudes de la escala de Richter y su equivalente en energía liberada

Categoría Sismo	Magnitud Richter/energía en Joule	Equivalencia en TNT	Representación del sismo Radio (km)	Equivalencia o terremoto tipo
2	2,0 ($6,481e^{-16}$)	6 kg	1,2962 km	Explosión de un tanque de gas
3	3,0 ($9,7214e^{-16}$)	181 kg	1,94428 km	Explosión de una planta de gas
4	4,0 ($1,2962e^{-15}$)	6 t	2,5924 km	Bomba atómica de baja potencia.
5	5,0 ($1,6202e^{-15}$)	199 t	2,62504 km	En Albolote de 1956 (Granada, España)
6	6,0 ($1,9443e^{-15}$)	1 270 t	3,8886 km	En Double Spring Flat de 1994 (Nevada, EEUU)
7	7,0 ($2,2683e^{-15}$)	199 000 t	4,5366 km	En Hyogo-Ken Nanbu de 1995 (Japón) o Puerto Príncipe de 2010 (Haití)
8	8,0 ($2,5924e^{-15}$)	5 850 000 t	5,1848 km	En Perú de 2007 (Pisco, Perú)
9	9,0 ($2,9164e^{-15}$)	150 millones t	8,50538 km	En Lisboa de 1755
10	10,0 ($3,2405e^{-15}$)	6 300 millones t	10,5008 km	Estimación del choque de un meteorito rocoso de 2 km de diámetro a velocidad 25 km/s